ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Bakalářská práce

Zpřístupnění hornických památek po povrchové těžbě hnědého uhlí

Autor práce: Vojtěch Voplakal

Vedoucí práce: Mgr. Alena Peterková

2025

Zadání

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vojtěch Voplakal

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Zpřístupnění hornických památek po povrchové těžbě hnědého uhlí

Název anglicky

Access to minining monuments after surface lignite mining

Cíle práce

Cílem práce je porovnat využití hornických památek po těžbě hnědého uhlí ve světě a v České republice. Jedná se převážně o využití lokalit z hlediska turistického ruchu, jako je vytvoření pěších stezek, naučných stezek, cyklostezek apod. za účelem resocializace dané krajiny. V práci se student zaměří také na využití památek, které nejde přetvořit k novým účelům (příkladem v ČR může být rypadlo v lomu ČSA).
Jako praktickou část student provede dotazníkovou studii týkající se lomu ČSA, kde zjistí:
a) Turistický zájem širší veřejnosti pro navštěvování post-těžebních lokalit
b) Zájem obyvatel okolních obcí u lomu ČSA na zvýšení turistického ruchu v jejich okolí

Metodika

Student pomocí literatury dohledá metody zpřístupnění hornických památek po těžbě uhlí v uhelných regionech v zahraničí. Zjištěné informace porovná s řešením této problematiky v ČR. Poté se zamyslí nad možností tohoto typu zpřístupněné hornických památek v severočeské uhelné pánvi. Pomocí dotazníkového šetření zjistí, zda by bylo pro širokou veřejnost zajímavé takováto místa turisticky navštívit a zda by obyvatelstvo okolních obcí v dotčeném regionu mělo zájem o zvýšení turistického ruchu v jejich okolí,

Doporučený rozsah práce

dle Nařízení děkana č.01/2020 – Metodické pokyny pro zpracování bakalářské práce na FŽP

Klíčová slova

těžba, uhlí, post-těžební lokality, hornické památky

Doporučené zdroje informací

Deshaies, M. (2020). Metamorphosis of Mining Landscapes in the Lower Lusatian Lignite Basin (Germany): New uses and new image of a mining region. Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère, (7).

Chylińska, D., & Kołodziejczyk, K. (2017). Degraded landscapes as a tourist attraction and place for leisure and recreation. Turyzm, 27(2), 23-33.

Napierała, T., Leśniewska-Napierała, K., Nalej, M., & Pielesiak, I. (2022). Co-evolution of tourism and industrial sectors: the case of the Bełchatów industrial district.

Předběžný termín obhajoby

2024/25 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Alena Peterková

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Elektronicky schváleno dne 23. 10. 2023

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2025

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Zpřístupnění hornických památek po povrchové těžbě hnědého uhlí vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 31. 3. 2025

(podpis autora práce)

Poděkování

Děkuji Mgr. Aleně Peterkové za ochotu a trpělivost při vedení mé bakalářské práce i za vstřícnost a veškerou pomoc při jejím vypracovávání. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat všem respondentům za jejich čas i ochotu ke spolupráci při zasílání dat nezbytných pro dokončení této práce.

V Praze dne 31. 3. 2025

(podpis autora práce)

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá zpřístupněním hornických památek a rekultivací krajiny po povrchové těžbě hnědého uhlí v České republice, a sice s důrazem na jejich potenciál pro zatraktivnění postižených oblastí. Cílem práce je zhodnotit rekultivované krajinné oblasti, popsat jejich napojení na hornické památky a zjistit jejich využití pro volnočasové aktivity a rozvoj turistického ruchu. Řešenou oblastí je především okolí lomu ČSA, kde docházelo k intenzivní těžbě hnědého uhlí, jež měla významné ekologické a sociální dopady. Hlavní metodou je analýza rekultivačních procesů a dotazníkové šetření mezi místními obyvateli, které zjišťuje jejich vnímání rekultivované krajiny a památek. Práce kombinuje teoretický rozbor s praktickým výzkumem. Výsledky ukazují, že rekultivace podporovaná inženýrskými, chemickými a biologickými opatřeními umožňuje rychlou obnovu půdy a vegetace, což zvyšuje ekologickou i ekonomickou hodnotu krajiny. Hornické památky mají potenciál přilákat širokou veřejnost a podpořit turistický ruch, avšak úspěch závisí na efektivním managementu a povědomí obyvatel. Přínosem práce je originální zhodnocení atraktivity rekultivovaných oblastí z pohledu místních obyvatel a návrhy na jejich další využití, čímž přispívá k diskuzi o udržitelném rozvoji po těžbě.

Klíčová slova: těžba, uhlí, post-těžební lokality, hornické památky, rekultivace, turistický ruch, místní obyvatelstvo

Abstract

This bachelor thesis deals with re-opening up mining sights and with reclamation of the landscape after brown coal strip mining in the Czech Republic with an accent at their potential for making the affected areas attractive. The aim of the thesis is to evaluate reclaimed landscape areas, describe their connection to mining sights and to assess their use for leisure time activities and tourism development. The concerned area is the CSA mine surroundings, where brown coal was mined intensively, thus significantly influencing ecological and social areas. The main methods are an analysis of the reclamation processes and a questionnaire construction among the local residents, which find out their perception of the reclaimed landscape and sights. The

thesis combines a theoretical analysis with practical research. The results reveal that the reclamation, supported by engineering, chemical and biological means, enables a fast restoring of the soil and vegetation, which raises ecological and economic value of the landscape. The mining sights have potential to attract wide public and to support tourism, however the success depends on an official management and the residents´ awareness. The asset of the thesis is an original evaluation of the reclaimed areas attractiveness from the viewpoint of the local residents as well as proposals for their further use and thus it contributes to a discussion about the after-mining sustainable growth.

Keywords: mining, coal, post-mining sites, mining monuments, reclamation, tourism, local residents

Obsah

1 Úvod 1
2 Cíle práce 2
3 Literární rešerše 3
3.1 Rekultivace krajiny 3
3.2 Historie rekultivací v ČR 8
3.3 Lesnická rekultivace 8
3.4 Hydrologická rekultivace 9
3.5 Přirozená sukcese 9
3.6 Rekultivační parky a lesoparky 10
3.7 Rekultivace v Německu 11
3.8 Rekultivace v Polsku 17
3.9 Rekultivace v Maďarsku 23
3.10 Rekultivace v Bulharsku 23
3.11 Rekultivace v Rumunsku 24
3.12 Rekultivace v Indii 26
3.13 Rekultivace v USA 29
3.14 Rekultivace v Indonésii 33
3.15 Rekultivace v Austrálii 37
3.16 Rekultivace v Rusku 40
4 Diskuze 47
5 Závěr 48
6 Přehled literatury a použitých zdrojů 49
7 Seznam obrázků 55

1 Úvod

Při povrchové těžbě hnědého uhlí dochází k velkoprostorovým záborům půdy, přičemž nejprve se provádí odtěžení svrchní vrstvy, tzv. skrývky. Pod touto vrstvou hlušiny se nachází zájmový materiál. V tomto případě se jedná o hnědé uhlí. To obsahuje velké množství uhlíku v uhlíkatých řetězcích, směsné látky, například síru, dusík nebo popeloviny. Dále obsahuje makromolekuly huminových kyselin. Hnědé uhlí je zdrojem snadno dostupné energie. Využívá se především v elektrárnách a teplárnách, kdy se spalováním uvolňuje značné teplo, které generuje páru v parogenerátoru a roztáčí turbíny vyrábějící elektrický proud. Oblast dnešní České republiky byla v minulosti vždy samostatná v těžbě tohoto nerostu, neboť se zde nacházely významné zdroje. Potřeba zdrojů energie a s tím spojená i těžba hnědého uhlí se všemi negativy se začaly zvyšovat v době průmyslové revoluce, nejvyšších hodnot pak dosáhla v letech 1980–1990. Jedním z hlavních důsledků takto mohutné těžby a následného spalování tohoto hnědého uhlí bylo, že tehdejší ČSSR mělo nejhorší kvalitu ovzduší z celého území dnešní EU. Po dotěžení jednotlivých lomů, případně částí lomů se musí krajina zpětně zrekultivovat. Jedním z důvodů je nutnost zabránit vodní a větrné erozi i celkové degradaci krajiny na obnažené matečné hornině. Nutné je navrátit rekultivovanou krajinu člověku, živočichům a rostlinám.

2 Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je zhodnotit a popsat zrekultivované krajinné oblasti po hnědouhelné povrchové těžbě i její napojení na památky po této těžbě, které se podílí na zatraktivnění oblastí pro veřejnost, jakož i místní obyvatelstvo těchto dříve zdevastovaných oblastí. Bude zde zjišťováno možné využití krajiny pro volnočasové aktivity. V praktické části budou pomocí dotazníkového šetření zjišťovány názory místních obyvatel z okolí lomu ČSA, jak vnímají takto zatraktivněnou krajinu a s ní související potenciální rozvoj turistického ruchu. Dále zde bude zjišťováno, nakolik jsou tato krajina i její památky po hornické povrchové těžbě hnědého uhlí atraktivní pro širokou veřejnost.

3 Literární rešerše

3.1 Rekultivace krajiny

Rekultivace je soubor inženýrských, technických, rekultivačních, agrotechnických, lesnických a jiných prací, které jsou prováděny s cílem obnovy úrodnosti narušených pozemků, jakož i podmínek přírodního prostředí.

Rekultivace je opatření k zamezení znehodnocování půdy a/nebo obnovení její úrodnosti uvedením pozemků do stavu vhodného pro jejich využití v souladu s jejich zamýšleným účelem a povoleným využitím, včetně odstraňování následků znečištění půdy, obnovy úrodné půdní vrstvy a odstraňování ochranných lesních porostů. Procesy přirozené obnovy vegetační vrstvy půd a reliéfu narušených území jsou pomalé, nebo mohou být dokonce neúčinné a neplatné, protože narušení zemského povrchu nemizí, ale stává se stabilním technogenním útvarem. Narušené pozemky jsou předmětem umělé obnovy.

Při povrchové těžbě uhlí je nezbytnou konečnou fází celkového technologického procesu rekultivace narušených pozemků. Rekultivace (lat. *re-* je předpona označující obnovení nebo opakování úkonu; *kultivo* znamená zpracovat, obdělat) je soubor opatření k ekologické a ekonomické obnově pozemků, jejichž úrodnost se v důsledku lidské činnosti výrazně snížila. Účel rekultivace spočívá ve zlepšení podmínek životního prostředí a obnovení produktivity pozemků narušených intenzivní hospodářskou činností. Navzdory vývoji značného počtu intenzifikačních technik pro tento proces je rekultivace nedokonalou, nákladnou a pracovně náročnou fází těžebního průmyslu. Podle stávající technologie se rekultivační práce skládají ze dvou hlavních etap (technické a biologické).

V technické fázi se upravuje krajina (jedná se zejména o zasypávání štol, prohlubní, propadů, zarovnávání a terasování hald průmyslového odpadu), vytváří se vodohospodářské i rekultivační stavby a zasypávají se toxické odpady. V biologickém stadiu (představujícím dlouhý, pracný a nákladný proces) se provádějí agrotechnické práce, jejichž hlavním cílem je zlepšit vlastnosti půdy dovážkou úrodné půdy, aplikací hnojiv a výsevem trav schopných vázat vzdušný dusík. Patří mezi ně jetel červený (není vybíravý na půdu, je dobrým akumulátorem rozpustných dusíkatých hnojiv s pomocí hlízkových bakterií); vytrvalé trávy, například lipnice luční, kostřava luční,

modrásek luční (volné keřové rostliny s mělkým kořenovým systémem) aj. Řešení problému zdokonalování a vývoje efektivní technologie rekultivace narušených pozemků je v současné době mimořádně naléhavým technologickým a ekologickým úkolem.

Účelem předkládané práce je nalézt dostupné, ekonomické a pokročilé metody práce při rekultivacích, založené na širokém využití oxidovaného uhlí – velkoodpadu ze samotných uhelných podniků.

Pro posouzení možnosti využití oxidovaného uhlí jako účinné přísady do půd při rekultivacích jsou potřeba metody hodnocení biologické aktivity oxidovaného uhlí (vlastnosti vlivu na půdní mikroorganismy). Je známo, že půda na rekultivovaných plochách území narušených těžbou uhlí postrádá úrodnost (ta předpokládá přítomnost dostatečného množství vláhy, obsah potřebného množství živin a příznivé redoxní podmínky pro vznik různých chemických procesů). Kromě toho musí mít úrodná půda určité příznivé vlastnosti pro rozvoj mikrobiologických systémů (nejrůznějších mikroorganismů), jež se díky enzymům, které vylučují, aktivně účastní biochemických procesů v rostoucích rostlinách. Využití biotechnologických metod k rekultivacím je v současnosti perspektivním směrem, protože biotechnologie jako celek patří mezi tři nejpopulárnější vědní oblasti poznání (spolu s nanotechnologiemi a elektronikou), které ve velké míře určují vývoj světové ekonomiky 21. století.

Stupeň zvětrávání a oxidace uhlí v průmyslu se posuzuje chemickými a petrografickými metodami. Chemická metoda analýzy je založena na spalování vzorku uhlí se současným stanovením výhřevnosti a odhadem množství uvolněného oxidu uhličitého. Petrografická metoda umožňuje na základě fotografií povrchu tenkých řezů odhadnout počet trhlin, dutin a plochu zvětralých oblastí. Oxidované uhlí obsahuje určité množství huminových kyselin (HA), které tvoří základ černozemě. V přírodních podmínkách kromě procesu oxidace uhlí vznikají ve fázi rozkladu různých organických produktů (zbytků rostlin, živočichů, stromů, uhlí atd.). HA mají důležité fyziologické funkce – zvyšují růst kořenů a nadzemních částí rostlin. Aktivita HA je dána obsahem polyfenolových a chinonových segmentů v jejich polymerních molekulách, které katalyzují práci enzymů (aldolázy, sacharázy), které rozkládají sacharidové zbytky vegetace, zvyšují zásobování rostlin fosforem a zintenzivňují jejich celkový metabolismus. HA jsou sloučeniny, které fungují jako prostředníci mezi

živým a minerálním světem. Tmavá barva HA je navíc regulátorem půdních tepelných podmínek.

S povrchovou těžbou uhlí a dalších cenných geologických materiálů souvisí vážné ekologické poruchy po celém světě již od prehistorických dob. Míra spotřeby nerostných surovin se stále zvyšuje v důsledku zrychlení urbanizace, růstu populace i pokroku v technologiích a vědě, který byl ve 20. a 21. století mimořádně rychlý. V této souvislosti naše společnost vyžaduje každý den více nerostných zdrojů, aby zajistila a udržela pohodlí. Ve více než 100 zemích se světová těžební činnost provozuje v různých měřítcích, aby uspokojovala neustále stoupající poptávku několika odvětví, jako jsou průmysl, technologie a zemědělství. K nejvýznamnějším zemím s vysokým ekonomickým vlivem se řadí Austrálie, Botswana, Kanada, Guinea, Kazachstán, Papua – Nová Guinea, Peru, Jižní Afrika, Spojené státy americké, Čína, Indie, Brazílie, Mexiko, Ghana, Chile atd. Mezi těžařské země patří také některé evropské země s významnými těžebními aktivitami v minulosti i nyní, například Německo, Velká Británie, Česká republika, Polsko, Bulharsko, Maďarsko a Rumunsko. Z hlediska životního prostředí povrchová těžba znehodnocuje území a narušuje estetiku krajiny, půdní horizonty i strukturu, její mikroflóru a koloběhy života, které jsou klíčové pro udržení zdravého a produktivního ekosystému. Stále více orné půdy je tedy postradatelné, protože poptávka po zdrojích se zvyšuje. Ve Velké Británii byla v letech 1959 až 1965 průměrná roční ztráta orné půdy v důsledku těžby uhlí cca 1 800 hektarů, zatímco v České republice bylo těžbou zničeno uhlí 20 000 hektarů. V Bulharsku leží hlavní zásoby hnědého uhlí pod nejproduktivnější zemědělskou půdou, z níž bylo vytěženo a zničeno 14 000 hektarů.

Rekultivace půdy je velmi důležitý proces obnovy kvality půdy – jako jsou úrodnost půdy, minerály, živiny, vlhkost atd. –, aby byla znovu použitelná a obnovila se její ekologická integrita. Rekultivace představuje účinný široce přijímaný způsob obnovy povrchových důlních pozemků za účelem snížení eroze a ochrany půdy před degradací. Před samotnou obnovou vegetace je velmi důležitý výběr rostlin pro efektivní strategii rekultivace. Rostliny je třeba vybírat na základě jejich schopnosti přežít i regenerovat se v místním specifickém prostředí a stabilizovat půdní strukturu. Osídlení dusíkaté půdy rostlinnými druhy umožňuje spojení bakterií a hub, které jsou zásadní pro udržení kvality půdy prostřednictvím rozkladu organické hmoty a koloběhu živin.

V současném hodnocení kvality rekultivace v těžebních oblastech existuje několik nedostatků. Mezi ně patří absence zavedeného souboru hodnoticích indexových systémů a standardních kritérií přijatelnosti, stejně jako používání tradičních technik vzorkování, které jsou nákladné, efektivní a časově náročné. Ve srovnání s tradičními metodami vzorkování má dálkový průzkum výhody širokého rozsahu detekce, různorodého sběru informací, více strategií získávání dat, vysoké rychlosti a krátkého cyklu.

Uhelné zdroje jsou každoročně těženy, což nevyhnutelně drancuje, znečišťuje a poškozuje půdní zdroje v důsledku pravidelných těžeb. Kontinuální těžba nerostných surovin způsobuje dlouhodobé a vážné negativní dopady na půdní zdroje i ekologické prostředí v těžebních oblastech a jejich okolí (Fernández-Caliani et al., 2021). Neustálá těžba navíc brání udržitelnému rozvoji těchto oblastí. Proto je rekultivace v těžebních oblastech důležitých pro realizaci ekonomicky, sociálně a ekologicky udržitelného rozvoje. Může nejen zlepšit využití půdních zdrojů v těžebních oblastech, ale také chránit životní prostředí, obnovit ekologickou podporu a podpořit ekologický koloběh těžebních oblastí (Worlanyo et al., 2021; Xu, 2019).

Rekultivace půdy, zejména v těžebních oblastech, byla vždy podporována zeměmi po celém světě. Aby se zlepšila kvalita, technologie a účinnost rekultivace půdy, několik zemí prověřilo související zákony a předpisy, technické normy, metody řízení a vědecký výzkum. Spojené státy, Německo a země bývalého Sovětského svazu provedly efektivně rekultivaci půdy. Tyto země navrhly dlouhodobé plány rekultivace, aby formulovaly praktické zákony/předpisy pro rekultivaci půdy; jejich výzkum technik pro rekultivaci je navíc poměrně pokročilý.

Technologie dálkového průzkumu Země, která se objevila v 60. letech 20. století, se rychle vyvinula v komplexní technologii pro pozorování Země. Má významné aplikace při monitorování životního prostředí, vedení ekologických obnov a řízení půdních zdrojů v těžebních oblastech (Avtar et al., 2020).

V současné době je výzkum hodnocení kvality rekultivace pomocí dálkového průzkumu Země stále v počáteční fázi. Většina výzkumů v oblasti hodnocení rekultivací dobývacích prostor je založena na krajinných vzorcích, kvalitě půdy, sanacích půdy a kvalitě inženýrství zemědělské půdy v rekultivačních oblastech. Oblast povrchové těžby uhlí Pingshuo na náhorní plošině Shanxi v provincii Shanxi

poskytuje vědecký základ pro optimalizaci struktury krajiny a vytváření vzorů ekologické bezpečnosti (Xu et al., 2021).

Navrhovaný model rozpoznávání klíčových oblastí krajiny obohatil základy pro ekologické plánování a konstrukci ekologické bezpečnosti s cílem podpořit ekologickou ochranu a obnovu v semiaridních stepních oblastech postižených těžbou uhlí. Ekologické environmentální náklady dolu jsou účtovány odděleně pomocí modelu měření nákladů na vyčerpání zdrojů, metody ekologické užitné hodnoty a metody inženýrského objemu.

Hodnocení kvality rekultivací v těžebních oblastech má však některé nedostatky, mezi něž náleží absence uznávaného systému indexů hodnocení a jednotně přijímaných kritérií pro standardizaci a proveditelnost (Huang, 2020) a používání tradičních metod výběrového průzkumu, jejichž nevýhody spočívají ve vysokých nákladech, nízké účinnosti a dlouhém trvání (Chen, 2017; Wang, 2019). Ve srovnání s tradiční metodou vzorkování poskytuje technologie dálkového průzkumu širokého rozsahu detekce výhody v podobě různorodých informací, většího množství informací, vysoké rychlosti a krátkých zdrojů cyklu (Li et al., 2021). Navíc šlo o použití pouze pro dynamické monitorování těžebních oblastí, zejména včetně spektrální inverze změny využití půdy, změny vegetačního krytu, změny vodních útvarů a půdní organické hmoty v těžebních oblastech (Hu et al., 2019; Zhang, 2020). Vorovencii (2021) použil snímky Landsatu z let 1988, 1998, 2008 a 2017 k mapování oblastí povrchové těžby a rekultivace v těžební oblasti Nine Valleys v Rumunsku a sledoval změny v průběhu času pomocí technik postklasifikačního srovnání (PCC). Na základě toho byl nastaven model hodnocení kvality rekultivace těžebních pozemků pomocí vylepšeného indexu i metody a komplexně byla ve zkoumaném území hodnocena kvalita rekultivace s cílem poskytnout silnou podporu pro vědecké hodnocení kvality pozemků.

Vliv těžby, který je převážně negativní, je dnes v souladu s platnými zákony postupně eliminován uplatněním znalostí a zkušeností i pomocí různých rekultivačních a revitalizačních činností. Nová vytvořená krajina dává území novou hodnotu a příležitost k využití. Proces obnovy krajiny po těžbě uhlí by se měl řídit především principem udržitelného rozvoje, aby bylo dosaženo rovnováhy sociálních, ekonomických a ekologických aspektů.

3.2 Historie rekultivací v ČR

Při vytváření rekultivačních plánů je nutné ke každé lokalitě přistupovat zcela individuálně, neboť – byť je území České republiky relativně malé – nelze jednotně implementovat konkrétní typ rekultivace. Česká krajina je velmi různorodá, a to z hlediska geologických, hydrologických i klimatologických podmínek (Blaas a Šantavá, 2017). Historie rekultivací na území dnešní České republiky sahají do roku 1956, kdy měl tuto problematiku na starosti Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha se sídlem v pražské Zbraslavi (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 2005). Zprvu se ve velkém aplikovala lesnická rekultivace. Následně se k ní přidala technická a hydrická rekultivace. Problém je, že takovéto rekultivace nemají za cíl navrátit přírodu do stavu před těžbou, ale napravit člověkem způsobené škody a vytvořit krajinu pro přírodu jakožto rostliny a živočichy atraktivní, ovšem i využitelnou pro člověka. Paralelně s tím se využívala i přirozená sukcese, která až v poslední době zažívá zvýšený rozvoj. Rekultivace je stále vědním oborem s mnoha mezerami a je zde značný potenciál pro nové poznatky (Blaas a Šantavá, 2017).

3.3 Lesnická rekultivace

Lesnická rekultivace je hojně využívaným způsobem rekultivací člověkem poškozené krajiny. Dodnes máme platnou rekultivační metodiku, která bohužel nečiní rozdíly mezi rekultivovanou lokalitou v teplé oblasti jižní Moravy, a naopak chladnějšími severními Čechami. Proto se bohužel poté občas stává, že výsledkem takovéto lesnické rekultivace je směs borovice lesní vysazené v hustém sponu na sebe. Následkem toho se do podloží nedostávají téměř žádné světlo ani žádná vláha. Z těžko rozložitelného jehličí nevzniká humus a zcela zde chybí kvalitně rozvinuté rostlinné patro. V případě vysázení značného množství pro naši krajinu ne zcela původního smrku ztepilého zde z ekologického hlediska iracionálně udržujeme nevhodný poměr dřevin. Pokud jde o smrkové lesy, poskytují oblíbené krajinné prostředí pro odpočinek a kontakt s přírodou obyvatelům nedalekých sídel. Dále jejich výhodou je, že pokud smrk ztepilý vysázíme dostatečně nahusto, po 60 až 80 letech můžeme stromy pokácet a takovéto rovné dřevo bez suků přináší výrazně vyšší zisk než pro naši přírodu vhodnější listnaté porosty. U lesnické rekultivace je velice důležité sázet rostliny ve správném složení a hustotě v závislosti na hydrometeorologických a klimatologických podmínkách daného stanoviště, a také do jakého substrátu je sázíme. Od toho se odvíjí i to, zda

a jak by takováto nová krajina mohla být využitelná pro člověka například jako místo rekreace. Založením lesního porostu v rámci lesnické rekultivace velmi pomáháme v hospodaření s dešťovou vodou. Lesní půda je totiž nejúčinnějším regulátorem odtoku srážkových vod. Navíc lesní půda je v našich podmínkách největší zásobárnou vody v krajině, nikoliv však přehrady či jiné vodní nádrže (Štýs a Zachar, 2004).

3.4 Hydrologická rekultivace

Hydrologická rekultivace představuje pro člověka velice zajímavou příležitost, jak zrekultivovat velké plochy a následně je využít pro rekreaci. Vznikají zde pláže, cyklostezky a další možnosti rekreace. Typickým příkladem velkoplošné vodohospodářské rekultivace může být například jezero Medard. To bylo napouštěno z řeky Ohře, kde je voda sice relativně znečištěná, ale díky napouštění jezera Medard, především v zimních měsících, je voda v jezeře kvalitní. Jako symbol kvality vody lze uvést hodnotu okysličení vody do hloubky 45 metrů, kde můžou žít ryby. Dalším důvodem, proč je zde voda tak kvalitní, je hloubka samotného jezera, kdy živiny v zimním období klesnou na dno jezera a dále se nezapojují do vodního koloběhu (Blaas a Šantavá, 2017).

I přes ekologickou hodnotu nerekultivovaných potěžebních ploch však v ČR stále převládá důsledná technická rekultivace. Takový přístup obvykle vede k jednotnějšímu prostředí a ničí rozmanitost stanovišť sukcesních lokalit, včetně rozmanitosti vodních útvarů, které jsou klíčovými stanovišti pro mnoho vodních i semiakvatických druhů. Na sukcesních plochách byly zjištěny vyšší podíly menších mělkých rybníků s mírnými břehovými svahy, částečným osluněním vodní plochy i částečným vegetačním krytem. Rybníky na technicky rekultivovaných částech výsypek byly větší a hlubší, se strmějšími břehy, plným slunečním zářením a částečným vegetačním krytem. Došli jsme k závěru, že primární sukcese vede k výhodnějšímu prostředí pro obojživelníky než technická rekultivace a měla by být považována za rovnocenný typ obnovy místa po těžbě (Doležalová et al., 2012).

3.5 Přirozená sukcese

Přirozená sukcese je zajímavá možnost, jak rekultivovat krajinu. Nezanedbatelnou výhodou tohoto řešení je, že se jedná o nejlevnější variantu rekultivací. Další nesporná výhoda spočívá v tom, že rostliny, které se v těchto zdevastovaných krajinách objeví,

zde vyrostou prakticky zdarma a bez zásahu člověka. Nevýhodné je, že rekultivace pomocí přirozené sukcese je nejpomalejší z dostupných rekultivací a na člověka tato příroda nemusí působit tak atraktivně, jako například některé projekty technické rekultivace, ovšem pro rostliny a živočichy je krajina zrekultivovaná přirozenou sukcesí mnohem přívětivější. Díky tomu v této krajině můžeme najít přísně chráněné rostliny i živočichy. Rizikem může být rozšíření plevelných rostlin, nicméně všechno záleží na substrátu a klimatologických i hydrologických podmínkách (Blaas a Šantavá, 2017).

Primární sukcese vede k výhodnějším rysům rybníků pro obojživelníky, než je tomu u technické rekultivace. K nejdůležitějším charakteristikám sukcesních rybníků však patří jejich variabilita a vysoká početnost, umožňující generování funkčních (meta)populačních struktur obojživelníků. Byla vyslovena hypotéza, že početnost populací obojživelníků se bude zvyšovat s hustotou vhodných biotopů (Doležalová et al., 2012).

3.6 Rekultivační parky a lesoparky

S rozrůstající se populací a zvyšující se produktivitou práce souvisí i více volného času na odpočinek a rekreaci, především pak na potřebu odpočívat na čerstvém vzduchu v krajině plné stromů a rostlin, kterých je obzvláště ve větších městech nedostatek. Blízkost některých výsypek především na Mostecku i jejich potřeba rekultivace přímo vybízejí k zakládání těchto parků a lesoparků v posledních padesáti letech (Štýs a Zachar, 2004).

Na části zrekultivované Velebudické výsypky byl velkoryse za více než půl miliardy korun vybudován nejmodernější český dostihový areál. Na druhé straně je potřeba realizovat rekultivační projekty úměrné potenciálnímu využití. Bohužel tento hipodrom hostí zhruba pět dostihových závodů ročně a po zbytek roku je zde pouze jezdecká škola, díky které alespoň některé místní děti přijdou do kontaktu s přírodou a úspěšně pomáhají s projekty hipoterapie. Celý projekt tohoto hipodromu by se pravděpodobně setkal s větším úspěchem, kdyby zde kromě parkoviště byla zavedena i veřejná doprava. Další zvláštnost představuje například nutná potřeba zavlažování celého areálu parku i jezdeckých drah pomocí výtlačného vodovodu, bez kterého by areál nemohl existovat (Blaas a Šantavá, 2017).

Prostor Velebudické výsypky byl částečně zrekultivován na golfové hřiště v podobě lesoparku až parku. V minulosti se dokonce toto golfové hřiště rozšířilo o dalších 18 jamek (Štýs a Zachar, 2004). Ovšem i zde se nabízí otázka, kolik lidí ze zhruba 67 000 obyvatel Mostecka hraje golf (Blaas a Šantavá, 2017). Některé oblasti Mostecka byly zrekultivovány do podoby místních známých vinic (Štýs a Zachar, 2004).

3.7 Rekultivace v Německu

Spolková republika Německo má, podobně jako Česká republika, historicky velkou tradici v těžbě hnědého uhlí, a to především povrchovým způsobem dobývání. Ještě dnes patří Německo k největším producentům hnědého uhlí. Potřeba těžit hnědé uhlí vzniká, podobně jako v ČR, především jako zdroj energie do energetické soustavy. Nyní již má Německo pevné datum odklonu od spalování hnědého uhlí, na rozdíl od ČR. Největší naleziště hnědého uhlí je ve středoněmeckém hnědouhelném těžebním revíru. Obzvláště v Německu je populární spojování tradiční lesnické rekultivace pro hospodářské účely s tím, že se do těchto prostor ještě zasadí větrné elektrárny. Zde bývají větrné elektrárny obvykle rozděleny do několika skupin, tzv. parků, a mezi nimi často prochází turistické trasy i cyklostezky. Na svazích bývalých výsypek je velmi často možné pozorovat kombinaci velkoplošné fotovoltaické elektrárny a zemědělské rekultivace, kdy byla hlušina převršena vrstvou ornice, čímž bylo dosaženo zúrodnění dané plochy (Lohse, 2019).

Středoněmecký hnědouhelný těžební revír, nacházející se jižně od města Lipska, je významným představitelem rekultivačních projektů v člověkem povrchovou těžbou zdevastované krajině.

Další oblastí, kde jsou patrné významné rekultivační projekty, je Středoněmecká jezerní oblast. Zde můžeme nalézt významnou soustavu umělých jezer vzniklých zatopením těžebních jam povrchových dolů. Tomuto způsobu rekultivace se říká hydrická rekultivace. Zde se ekonomika v průběhu let, co v této oblasti nastal útlum těžby, transformovala na turismus a celkově turistický ruch. Jedná se o příklad rekultivace směrující k rekreačnímu využití krajiny. Vznikly zde stánky s rychlým občerstvením, restaurace, hotely, turistické trasy, naučné stezky i cyklostezky. Stát zde vybudoval dostatečnou a kvalitní infrastrukturu.

Zůstaly zde rovněž zachovány industriální památky po těžbě, například největší těžební stroj na světě. Jedná se o těžební stroj F60 určený k přepravě zeminy na vzdálenost zhruba 500 m. Návštěvníci si mohou v rámci prohlídek prohlédnout tuto unikátní technickou památku. Ocelový gigant F60 tvoří v letní sezoně oblíbenou kulisu open-air koncertů, festivalů a nemalého množství show různých hudebních žánrů. Právě zde je možné během těchto hudebních akcí narazit na špičkové hudebníky a díky tomu se toto místo stává opět zajímavým a vyhledávaným. Návštěvníci zde mají možnost prozkoumávat jezero Bergheider See a jeho okolí, a to na kole, segwayích nebo při procházce po dlouhé pláži. Velice příjemná je možnost se zde najíst (Lausitzer Seenland, © 2025a). Další památkou připomínající těžbu spjatou s touto oblastí je vyhlídková věž nesoucí název Rezavý hřebík, která slouží nejen jako rozhledna s výhledem na mnoho zde přilehlých jezer, ale také jako jednoznačný dominantní orientační bod celé Lužické jezerní oblasti i přilehlého okolí. Tato vyhlídková věž Rezavý hřebík se nachází u ústí kanálu Sorno, který se vlévá do jezera Sedlitz. Rozhledna a celé její okolí se vyvinuly v jedno z nejoblíbenějších výletních míst v Lužické jezerní oblasti. Rozhledna nabízí působivý panoramatický výhled na širokou jezerní krajinu, což je ideální pro pozorování vývoje Lužické jezerní oblasti.

Obr. 1 Vyhlídková věž Rezavý hřebík

Zdroj: Lausitzer Seenland (© 2025c)

Až do začátku 20. století mělo hnědé uhlí pro německé energetické a palivové zásoby malý význam. Používalo se převážně kvalitní černé uhlí. Po první světové válce se Německá říše musela vzdát četných území a ztratila asi 40 % svých nejlepších ložisek uhlí. Zbývající oblasti těžby uhlí také musely zaplatit značné reparační částky. Tím se hnědé uhlí stalo nepostradatelným energetickým faktorem ve všech odvětvích

průmyslu. Zatímco před rokem 1919 nehrál podíl hnědého uhlí na výrobě elektrické energie vůbec žádnou roli z důvodu jeho nízké výhřevnosti, špatné přepravitelnosti apod., nedostatek uhlí spojený s úbytky území a aspiracemi na vlastní dostatek ve Výmarské republice si vynutil zvýšení těžby hnědého uhlí na téměř 60% podíl na výrobě energie.

To mělo za následek obrovské rozšíření výrobní kapacity ve všech německých hnědouhelných oblastech. Na tomto základě se Německo ve 20. letech 20. století vypracovalo na největšího světového producenta a zároveň největšího spotřebitele hnědého uhlí. Až do roku 1945 rozlišovalo statistické členění jako největší oblasti těžby hnědého uhlí středoněmecký důlní revír, východní labský důlní revír a dolnorýnský důlní revír. Před druhou světovou válkou dodával středoněmecký region přibližně dvě pětiny, regiony Východní Labe a Porýní každý zhruba čtvrtinu veškerého německého hnědého uhlí. Region Východní Labe, nyní nazývaný pouze Lužický hnědouhelný okres, zahrnoval Lužici a Dolní Slezsko s centrem Chotěbuz-Senftenberg a také tři okrajové regiony – Frankfurt (provincie Braniborsko), Görlitz (Dolní Slezsko) a Forst (Braniborsko).

Největším spotřebitelem středoněmeckého hnědého uhlí byl chemický průmysl, následovaly elektrárny, potašové závody a cukrovary. Před válkou měl prodej vytěženého uhlí pro průmysl 61% podíl, zatímco pro domácnosti 39%. Jedním z důvodů vyššího objemu produkce ve středoněmeckém regionu byla a je kvalita surového uhlí. Středoněmecký lignit je ve srovnání se svými konkurenty ze své podstaty znevýhodněn vysokým obsahem vody v průměru 50 % a z toho vyplývající nízkou výhřevností. Další nevýhodou je mocnost nadloží. Ložiska hnědého uhlí, která byla v některých středoněmeckých oblastech téměř odkryta, byla již na konci 19. století vyčerpána, takže těžba může probíhat až po proražení mohutných křemencových vrstev.

Z vyhlídkové plošiny lze uvidět mimo jiné Sedlitzer See, Geierswalder See a Partwitzer See. Nápadná architektura z rezavě červené cortenové oceli představuje transformaci regionu od těžby k nové budoucnosti. Jedná se o ideální odpočinkové místo pro turisty, cyklisty i bruslaře, ale také rodiny s dětmi nejrůznějšího věku. Na úpatí vyhlídkové věže se nachází občerstvení, toalety a parkovací místa. Právě doplnění místa o takovéto přilehlé sociální zázemí (jako jsou dostupnost toalet,

občerstvení a případně parkovacího stání) výrazně zvyšují atraktivnost celé památky i přilehlého okolí (Lausitzer Seenland, © 2025a).

Dále zde vznikly automobilové závodní okruhy (DEKRA Lausitzring, 2024). Tyto a další tematické prvky ve zdejší krajině přispívají ke zvýšenému zájmu ze strany civilního obyvatelstva o to, trávit zde svůj volný čas. Tímto procesem se původně značně zdevastovaná krajina navrací zpět obyčejným lidem.

Hornický region ve středním Německu se vyznačuje více než 160letou historií těžby hnědého uhlí, z níž část byla prováděna pod zemí, ovšem mnohem větší část v povrchových dolech. Kromě využití obrovských zemědělských ploch a lesů bylo zdevastováno velké množství míst a narušeno dopravní spojení i vodní cesty. S politickými změnami v letech 1989/90 a s tím spojeným ekonomickým přeskupením ve východní části Německa klesla poptávka po hnědém uhlí na šestinu nejvyšší těžby z éry NDR. Povrchové doly a závody na zpracování hnědého uhlí, které již nebyly ziskové, čekalo v krátké době uzavření. Od té doby byly oblasti rozsáhle revitalizovány a jako potěžební krajiny zůstávají některé z nich doposud poškozeny významnou kontaminací z časů NDR.

V roce 2018 činil roční objem výroby 17,7 milionu tun, z toho 11,1 milionu pocházelo ze saské části středoněmeckého regionu. Současná provozní plocha má 12 200 hektarů, tedy 120 kilometrů čtverečních. Na konci března 2017 bylo ve středoněmecké hnědouhelné oblasti zaměstnáno ještě 2 396 lidí, včetně elektrárenských zaměstnanců hnědouhelných společností. Celkem bylo v oblasti středoněmecké těžby hnědého uhlí zdevastováno více než 48 000 hektarů, v důsledku čehož více než 51 000 lidí přišlo o své domovy.

Lignit těžený ve středoněmecké oblasti po roce 1970 již v podstatě neodpovídá kvalitě bývalých ložisek. Pro lignit zůstává charakteristický relativně vysoký obsah vody 48 až 60 procent. Jen asi 35 až 50 procent tvoří hořlavý materiál (čisté uhlí). Až 16 procent spáleného surového hnědého uhlí zůstává ve formě popela a strusky. Vysoký obsah vody vede k poměrně nízké výhřevnosti a nízkému obsahu energie při výrobě elektřiny.

Hlavní nevýhodu však představuje obsah síry: Kromě povrchových dolů United Schleenhain má uhlí z povrchového dolu Profen nejvyšší obsah síry 1,7 % v Německu. Vysoký obsah síry obecně vede k většímu opotřebení elektráren a také k většímu úsilí

i vyšším nákladům na čištění spalin. Navíc nepříznivý poměr skrývky k uhlí v průměru 7:1 a rozsáhlé křemencové sloje, zejména v povrchovém dole Profen, znesnadňují těžbu hnědého uhlí.

LMBV, která je financována z peněz daňových poplatníků, je zodpovědná za obnovu a rekultivaci povrchových těžebních prostor ve středoněmecké těžební oblasti, které jsou od roku 1990 uzavřeny.

Obr. 2 Mostový dopravník F60

Zdroj: Lausitzer Seenland (© 2025c)

První jámy pro povrchovou těžbu hnědého uhlí vznikly v pohoří Ville západně od města Kolína nad Rýnem. Zprvu se těžilo v jižní části a těžba se postupně až dodnes rozšiřovala severním i západním směrem. V prvotní fázi těžby v jižní části studovaného území v pohoří Ville se dobývané hnědé uhlí nacházelo relativně velmi mělko, a tak nebylo potřeba odstraňovat přílišné množství skrývkové zeminy, v důsledku toho v původním stavu tyto potěžební jámy výrazně neměnily reliéf krajiny, díky čemuž se v nejbližším okolí umělé výsypky nemusely tvořit, jakožto místo deponování skrývkového materiálu sedimentárního pokryvu nad žádoucí vrstvou lignitového materiálu. V dobách těžby v jižní části této oblasti se ještě těžba nemusela řídit detailně zpracovanými závaznými předpisy pro způsob povrchové těžby a následné způsoby její rekultivace. Důsledkem toho zde vzniklo několik úzkých

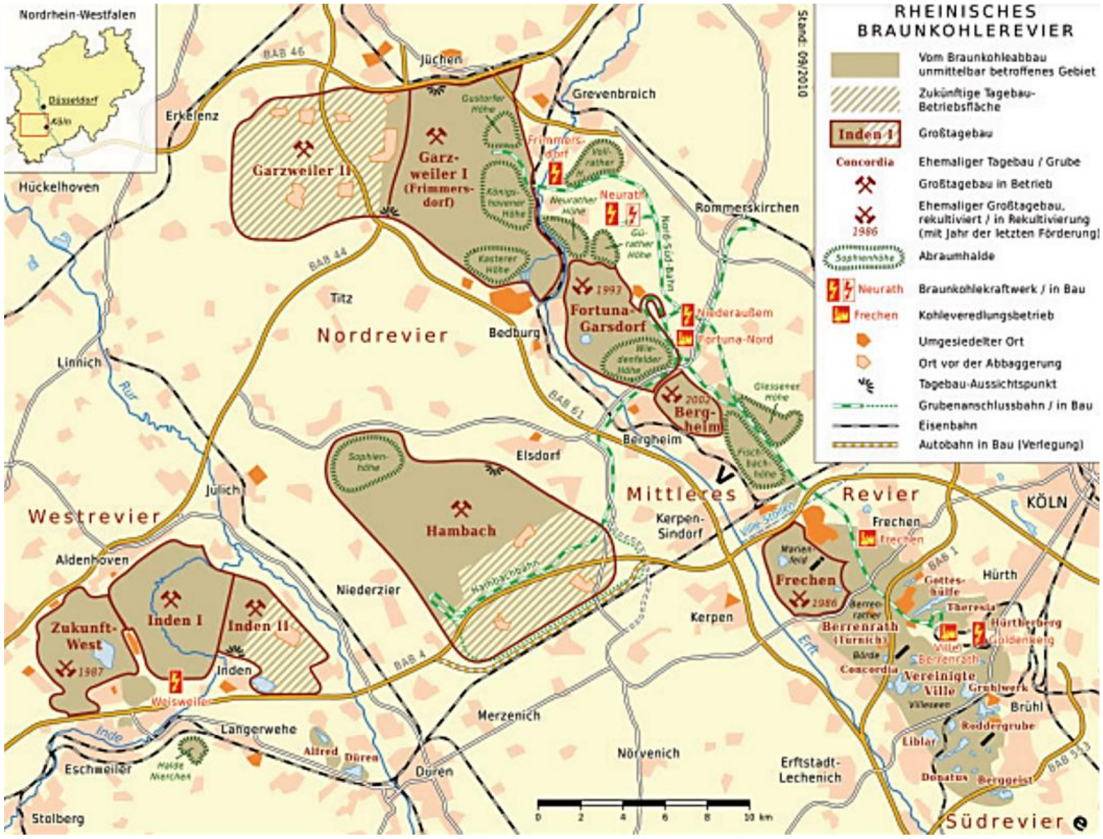
rovnoběžných údolí. Tato údolí většinou představovala prostor pro přepravu hnědého uhlí z těchto povrchových dolů k dalšímu zpracování. Jednalo se konkrétně o dnes již bývalé železniční tratě postavené právě za tímto účelem.

Výsledkem je strukturně nepravidelný reliéf krajiny s povětšinou jen minimálně zasypávanými či jinak rekultivovanými potěžebními jámami. To vedlo ke vzniku mnoha menších jezer, tzv. Ville lakes. Z důvodu experimentální rekultivace v pouze omezeném rozsahu ve srovnání s předtěžební krajinou se zde nyní vyskytuje vyšší ekologická biodiverzita s novými biotopy a rostlinnými i živočišnými společenstvy. Tato experimentální rekultivace v jižní části tohoto území probíhala v první rekultivační fázi v letech 1920 až 1945. Tento region byl již historicky považován za nepříliš oplývající kvalitní ornou půdou, a to přispělo k tomu, že v souvislosti se zvýšenou ekologickou rozmanitostí využívají především obyvatelé přilehlých měst i obcí a také obyvatelé měst Bonnu a Kolína nad Rýnem zdejší krajinu k rekreaci. Ceněné v souvislosti s možností místa k rekreaci jsou zde oblasti s lesy a malá jezírka ke koupání. Tato jezírka představují právě ony ne zcela zasypané pozůstatky po posttěžebních jamách. To je jeden z příkladů, jaký může mít pozitivní potenciál potěžební krajina. Tento příklad je nejstarším příkladem částečné rekultivace krajiny ve výsledku pro budoucí rekreační využití takto původně zdevastované krajiny pro místní obyvatele (Sons, 2021).

V rekultivovaných oblastech střední a severní části pohoří Ville, na rozdíl od jižní části tohoto pohoří, se z důvodu nutnosti přemísťování větších objemů zemědělské půdy a přesídlování sídel s několika tisíci obyvateli. V tomto důsledku vznikly také detailnější plány na rekultivaci a využití daného území s vytvořením antropogenního reliéfu. Poloha potěžební haldy se skrývkovým materiálem Glessener Höhe v blízkosti městečka Glesseneru nabízí místním obyvatelům možnost místa k rekreaci a turistice. Jedná se o největší haldu se skrývkovým materiálem v této oblasti a zároveň i o nejvyšší vrchol v celém okolí. Z důvodu nutnosti zde deponovat větší množství materiálu, ale zároveň se vypořádat s omezeným prostorem byl zde deponovaný materiál vršen do co možná největší výšky, čímž se minimalizoval potřebný zábor pozemků. Díky tomu zde jako výsledek vnikly velmi strmé zalesněné svahy se zajímavou biodiverzitou. Zároveň zde vznikl plochý vrchol s navezenou vrstvou orné půdy a dodnes se tento vrchol obdělává. Již historicky tato halda sloužila k ukládání posttěžebních materiálů, ale nejdříve pro skrývkové sedimenty z prvních hlubinných

dolů především v severní části studovaného území. Právě tento typ krajiny a reliéfu je typický pro období rekultivace 50. let 20. století až po 60. léta 20. století (Sons, 2021).

Obr. 3 Oblast Velkých jezer



Zdroj: Jansen (2017)

3.8 Rekultivace v Polsku

Důsledky hornické činnosti mohou být trvalé (například úbytek nerostných surovin, přeměna krajina) nebo přechodné (hluk, prašnost, změna vodních podmínek), které poté zmizí po zastavení těžby. Od pradávna se těžba snažila minimalizovat a napravovat škody způsobené během těžby nerostů, samozřejmě pokud to v dané době bylo možné. Důkaz o těchto aktivitách přinášejí záznamy nejstarších polských listin (pojednání Kazimíra Velikého ze čtrnáctého století, pojednání Štěpána Báthoryho ze století šestnáctého), jakož i konkrétní projekty, sice z pozdějších let (19. století), ale až do současnosti, což ukazuje potřebu a příležitosti pro rekultivaci i využití zařízení po těžbě (Bednarského park v Krakově). Jednalo se však o sporadické případy. Větší pozornost byla vzhledem k nutnosti korigovat dopady

činnosti nejen těžby, ale i po určité době průmyslové a tzv. intenzivní industrializace, zejména pak po 2. světové válce.

Vyvstala však otázka rekultivace a revitalizace potěžebních území, kdy vznikla specifická dynamika po roce 1989 — během transformace polského ekonomicko-sociálního systému. Předchozí zkušenosti i významné úspěchy polského těžebního průmyslu v obou teoretické a konstrukční oblasti, a také v oblasti projektů uzavírání dolů, včetně rekultivace a revitalizace potěžebních území, byly předměty mnoha projektů.

Náprava následků hornické činnosti pro životní prostředí byla donedávna zaměřena většinou na obnovení, tedy alespoň částečné, předchozího stavu – před exploatací. V praxi byly plochy po těžbě ponechány pro přírodní sukcesi, nebo byly prováděny rekultivační v zemědělství nebo lesnictví. Takové akce byly schváleny tehdy platnými zákony a předpisy. Hornický zákon, revidovaný v roce 1960, zavedl legislativu, která vyžadovala, aby těžební společnosti pracovaly na rekultivaci prostředí v případě ukončení činnosti. Usnesení MsZ č. 301 ze dne 6. září 1966 o rekultivaci a sanaci půdy transformované v souvislosti s průzkumem a těžbou nerostů byl další právní předpis, který se však týkal pouze těžebního průmyslu. Výše uvedené usnesení rozlišovalo fáze vymáhání oblasti po těžbě, konkrétně rekultivace a sanace. Tyto etapy byly zachovány zákonem ze dne 26. října 1971 o ochraně zemědělské a lesní půdy a půdy.

V minulém století se významně rozvinuly ražby bývalých lomů v Krakově. Na některých ložiscích se stále provádí těžba přírodního kameniva. Správný rozvoj a adaptace území po těžbě přírodního kameniva v aglomeraci Krakov určují iniciativy a projekty, které se přizpůsobují potřebám a rekreačním podmínkám. Takové aktivity samozřejmě vzbuzují zájem především tehdy, když plán rozvoje zahrnuje i komerční aktivity pro zastavěná území (koupaliště, sportoviště, sportovně-rekreační areály atd.).

V krakovských aglomeracích patří k turistické oblasti, což souvisí s turistickou komunikací s důvodem ponechání bez rekultivace (ale často navštěvované obyvateli), povrchové jámy po těžbě nerostů, jako písek, štěrk nebo jíl. Nejčastěji se nacházejí na rovinatých plochách a po dokončení těžby tvoří vodní nádrže, záplavové území apod. Tyto typy výkopů lze díky jejich vodnatosti rekultivovat pro vodní rekreaci, turistiku či jiným především volnočasovým účelům. V okolí se nachází velká aglomerace, jako je Krakov, chybí vodní nádrže, které by se daly relativně levně upravit na koupaliště,

místa pro vodní sporty nebo rybaření. Informace o okolí: Kryspinów, Przylasek Rusiecki a Bagry, a také další oblasti, např. Zakrzówek (vodní nádrž Zakrzówek vznikla ve výkopu po těžbě ložiska vápence).

Rekultivační práce v dole Bełchatów byly plánovány již ve fázi odklízení skrývky. Celkem bylo rekultivováno více než 2 200 ha, z toho 1 500 ha lesů, bylo vysázeno téměř 47 milionů stromů a keřů. Nejpozoruhodnějším efektem rekultivačních činností je Góra Kamieńsk. Je to největší kopec ve středním Polsku, vysoký 395 m n. m., vytvořený z 1,4 miliardy metrů krychlových skrývky sesbírané z povrchové horniny, který je v současné době turistickou atrakcí regionu. Nachází se zde nejdelší sjezdovka ve středním Polsku a připraveno je 40 kilometrů cyklistických tras. Na povrchu hory byla postavena větrná farma (15 turbín po 2 MW).

Tato praxe je spojena s projektovou činností zaměřenou na obnovu životního prostředí a rekultivaci půdy v regionech DeCarb. V rámci projektu DeCarb byla předložena souhrnná zpráva o územních potřebách a hledání řešení pro:

- podporu ekologické restituce a změny krajiny v oblastech zasažených uhelnými provozy,
- obnovu půdy do původního nebo jiného stavu.

Podle této praxe byly degradované oblasti adaptovány na nové funkce a režim OZE. Příjemci praxe jsou obyvatelé okolních obcí a turisté, kteří využívají rekreační a sportovní zařízení.

Proces rekultivace vyžaduje lidské zdroje a připravenost ke spolupráci napříč správními i sektorovými hranicemi. Rekultivace potěžebních ploch na jedné straně kompenzuje nepříznivé vlivy hornické činnosti a na druhé straně vytváří začátek nového, často atraktivnějšího způsobu rozvoje území. Příkladem je Góra Kamieńsk, která je jednou z nejvýznamnějších turistických atrakcí regionu jak v létě (například díky bobové dráze, cyklistickým trasám), tak v zimě (především díky sjezdovce). Větrná farma o výkonu 30 MW umístěná na vrcholu kopce dodává elektřinu šesti tisícům farem.

Rekultivační procesy a obhospodařování pozemků přeměněných těžbou, i když jsou dlouhodobé a vyžadují velké organizační i finanční úsilí, mají při správném provedení příznivé účinky. Půda je předána k využití, přičemž biologická a ekonomická hodnota je podobná, někdy i mnohem vyšší než původní. Opuštěná půda získává novou

„identitu“ a její využití odpovídá společenským potřebám i očekáváním. Zároveň vytváří velké možnosti zatraktivnění potěžebního území (celého regionu) tvorbou nadregionálních funkcí na základě transformací vyplývajících z těžební činnosti. Hora Kamieńsk je pro obyvatele okolních oblastí mimořádně cenná, protože poskytuje místo k odpočinku, vytváří nová pracovní místa a zvyšuje atraktivitu místního trhu s nemovitostmi.

Zpřístupnění celé štoly „Královna Luiza“ je výsledkem rozsáhlých těžebních a stavebních prací zahájených v roce 2009. Projekt „Štola královny Luizy“ je investicí financovanou více než 182 miliony polských nových zlotých, spolufinancovanou z fondů EU, měst, provincií i vlády. Největší z projektů realizovaných za účelem zřízení štoly pro cestovní ruch se nazývá „Evropské centrum technické kultury a průmyslové turistiky“ a jeho příjemcem je město Zabrze, realizátor Hornického muzea v Zabrze, partnerem hlavních realizací projektu je Slezské vojvodství. Jeho hodnota převyšuje 92 milionů polských nových zlotých. Smlouva o partnerství iniciující projekt byla podepsána v roce 2010 orgány města Zabrze a vedením tehdejšího historického černouhelného dolu „Guido“. Samotný proces revitalizace štoly předpokládal průkopnický projekt, kterým bylo dosáhnout a zpřístupnit historické, přes 200 let staré dílo štoly a podzemní štoly dolu „Královna Luiza“. Odpovědnost za investici spočívala na více než dvacítce společností a těžařských podniků.

Hlavní klíčová památková štola, která se nachází 40 metrů pod centrem Zabrze, nebyla prozkoumána od roku 1953, kdy bylo rozhodnuto o jejím uzavření a zasypání. Odhad skutečného stavu štoly i rozsahu revitalizačních prací, které později vyústily v prodloužení definitivního termínu otevření objektu, byl nesmírně obtížný. První neformální průzkumy byly provedeny v roce 1999. Obrovské množství bahna a špatné větrání představovaly největší překážku při objevování štoly, jež fungovala dvě století. Přesto se potvrdily předchozí domněnky: štola se zachovala ve velmi dobrém stavu, navíc při průzkumu byla nalezena unikátní dlažba z 19. století vytesaná v uhelné sloji č. 510, která se také stane prvkem turistické trasy.

Náročné těžební a stavební práce začaly deset let po prvních průzkumech. Závažnější zásahy ve štole souvisely s první, gigantickou těžbou – v roce 2009 byla šachta Carnall vyražena na úroveň 40 m pod zemí, což umožnilo zahájení odborného hodnocení části štoly Zabrze. V další etapě prací byla vyčištěna i druhá těžní jáma Wilhelmina, která

spojovala štolu a chodník ve sloji č. 510 s bývalým dílem „Královna Luiza“. Uvedené šachty byly zasypány v letech 1986 a 1990, kdy průmyslová činnost „Královny Luizy“ ustala. V roce 2015 bylo v šachtě Carnall instalováno schodišťové oddělení a krátce nato byla šachta Wilhelmina vybavena dopravními výtahy.

Těžební společnosti zahájily v roce 2012 náročný proces čištění hlavní klíčové historické štoly. Uvedený odvoz písku ze šachty Carnall umožnil provádění odklízecích prací současně ze dvou směrů. Pro odblokování byly použity tradiční, manuální metody, což situaci dále komplikovalo. Zbylé bahno bylo odstraněno lopatami a následně odvezeno na vozíku k výpusti nebo šachtě, kde bylo pomocí vědra vyvezeno na povrch. Jeho vrstva místy dosahovala až do třímetrové výšky. Odhaduje se, že za posledních několik let štolu opustilo téměř 19 000 tun bahna!

Neblokovaný úsek štoly se táhne v délce přibližně 2,5 km. Dne 21. března 2014 se uskutečnilo historické setkání společností zabývajících se těžbou bahna.

Těžba tisíců tun odpadu představovala jen první etapu úpravy štoly pro turistický ruch. Bylo nutné důkladně zabezpečit výkopy pomocí stávajícího, dvě stě let starého pažení z různých období vrtání štoly, instalovat bezpečnostní a ventilační systémy, a také ovládnout vodní živel – následně se ukázalo, že štola byla důležitým kanálem odvádějícím podzemní vodu z centra Zabrze. V procesu revitalizace bylo třeba zohlednit zajištění odvodňovací funkce. Realizace této aktivity byla umožněna zásluhou spolufinancování z Národního fondu ochrany životního prostředí, díky kterému bude přebytečná voda shromažďovaná ve štole v konečném důsledku odčerpávána do řeky Bytomky. Investice podpořená Národním fondem ochrany životního prostředí byla realizována do roku 2019, přičemž přesáhla 48 milionů polských nových zlotých čistého.

Vrstvy bahna ležící ve štole ukrývaly mnoho zajímavých předmětů, které by se vzhledem ke svému stáří daly považovat za poklady. Jednalo se o fragmenty dřevěných koryt, trámy, železný důlní vůz, důlní nářadí i dva perfektně zachovalé, sto let staré transportní čluny. V jejich případě se bahno ukázalo jako velmi užitečné, odřízlo kyslík a brzdilo přirozený rozkladný proces. Vykopané exponáty jsou k vidění při prohlídce štoly. K dalším zajímavostem patří nález bývalého protileteckého krytu v prostoru šachty Wilhelmina při výstavbě tamní pozemní zóny v podobě parku 12c a parku vojenských technologií.

V další etapě prací byly provedeny revitalizační a sanační práce v podzemí štoly související s utěsněním štoly, vybudováním bazénové nádrže a nábřeží u jejího vyústění, a také s rekonstrukcí historické zástavby ve strategických úsecích. V podzemním nakládacím přístavu v uhelné sloji 509 mohou turisté vidět, jak se štola v minulosti využívala k dopravě uhlí po vodě.

Práce probíhaly v čistém uhlí, velmi sypké hornině, na níž není snadné stavět, a použitý důlní plášť je celý ze dřeva, což představuje skutečnou ukázku historických metod zabezpečení důlních štol.

Tato cesta a šachta Wilhelmina vedou k bývalým dílům dolu „Královna Luiza“, kde do roku 2011 fungovalo podzemní hornické muzeum. I tato díla prošla důkladnou modernizací, byla obohacena řadou multimédií a také renovovanými těžebními stroji: dobývacím pluhem, frézou, podvěsným nakladačem, dobývacím kombajnem, kombajnem a dráhou Karlík.

Samostatnou etapou prací byla ražba dalších děl od povrchu až po úroveň štoly, daná bezpečnostními a logistickými hledisky. Přibližně v polovině úseku štoly Zabrze byl proveden 40 metrů dlouhý větrací otvor velkého průměru, na povrchu završený nově vybudovanou ventilátorovou stanicí, umístěnou vedle firmy DB Schenker v ulici Svobody. Větrací stanice realizovaná v souladu s koncepcí navrženou Ústředním báňským ústavem má zajistit cirkulaci vzduchu nezbytnou pro nepřetržitý turistický ruch ve štole.

Na přelomu let 2014 a 2015 byla štola obohacena o zcela nový důlní výrub – dopravní diagonálu, vrtanou na šachtě Carnall od odstavné nádrže do úrovně 40 metrů pod povrchem. V současné době slouží plní přepravní i evakuační funkci a po celé délce je instalována dieselová závěsná dráha Becker. Skluz a lanovka budou v budoucnu sloužit handicapovaným turistům i osobám s omezenou schopností pohybu, aby se dostali na úroveň štoly.

Každá z těchto historických budov byla důkladně revitalizována, včetně 31 metrů vysoké výtahové věže, odkud mohou návštěvníci obdivovat panoráma Slezska. Nad odstavnou nádrží u šachty Carnall byla umístěna vzdušná lávka propojující lázeňský dům přímo s prostorem nad šachtou.

Krajina na jámě Wilhelmina se změnila ještě více. Byla revitalizována budova šachty a důkladně přestavěna budova turistické služby. Největší změnou však zaznamenala podoba zábavních parků.

3.9 Rekultivace v Maďarsku

Skromné začátky dlouhé historie těžby uhlí znamenaly hlavně ruční práci horníků. Jakmile se však zásoby uhlí dostaly do povědomí z geologického průzkumu, byly otevřeny šachty pro hlubinnou těžbu (ty první německými podnikateli v roce 1846). Nejprve sloužila velkotěžba pro účely První dunajské paroplavební společnosti, poté Maďarských státních drah. Mezi světovými válkami byla typická hlubinná těžba a nových šachet rychle přibývalo, většinou v blízkosti zástavby. Ve 20. století se černé uhlí využívalo také k výrobě plynu (pro pouliční osvětlení) a elektřiny. Po roce 1950 bylo koksovatelné uhlí dodáváno hlavně pro železářský a ocelářský průmysl Dunaújváros na Dunaji. V době vrcholu těžby uhlí (koncem 50. a počátkem 60. let 20. století) bylo možné v délce několika kilometrů u severního okraje obytných oblastí města Pécs detekovat obrovský oblak vzduchu kontaminovaný oxidem siřičitým. V 80. letech se těžba uhlí stala nerentabilní a hlubinné doly byly jeden po druhém zavírány. Podobně jako v jiných těžebních oblastech bylo nejpozoruhodnějším dopadem hlubinné těžby hromadění těžebního odpadu v četných roztroušených výsypkách. Mají celkovou rozlohu přibližně 150 ha.

3.10 Rekultivace v Bulharsku

Na území Bulharska se nachází 30 000 hektarů půdy narušené uhelnými doly. Nová státní politika vyžaduje rekultivaci 5 000 hektarů do roku 1990. Aplikovaný výzkum zalesňování důlní hlušiny v povodí Perniku má více než 50letou historii. Aktuálně se koncern zaměřuje na obnovu zemědělské půdy v oblasti těžby hnědého uhlí Maritsa-lztok. Důlní hlušina má však vlastnosti, které ztěžují a zdražují její hospodaření pro zemědělství. Některým dřevinám se ovšem velmi daří na důlní hlušině a jejich plantáže vyžadují méně přípravy i údržby lokality. Stromy mohou také sloužit k přípravě půdy pro zemědělství (Tracer, © 2019).

Ministerstvo energetiky, ministerstvo životního prostředí a vodního hospodářství, ministerstvo práce a sociální politiky, ministerstvo pro místní rozvoj a veřejné práce a jejich výkonné agentury jsou státní instituce, které mají přímý zájem na budoucím

rozvoji bulharských uhelných dolů i příslušných regionů. Je třeba poznamenat, že doly Maritsa East Mines jsou majetkem státu a jsou mu podřízeny.

Obce v regionu (zejména Stará Zagora) jsou transformací nejvíce znepokojeny, protože uhelné doly a elektrárny tvoří základ jejich ekonomického rozvoje. K dalším vysoce zainteresovaným subjektům se řadí investoři, kteří se zabývají zvyšováním účinnosti elektráren a modernizací těžby uhlí v období jejich postupného nahrazování jinými palivy (meziprodukt zemního plynu).

Dá se očekávat, že studie vzbudí zájem dodavatelů zemního plynu v případě, že by se před definitivní náhradou fosilních paliv rozhodlo o přechodu k ekologičtějšímu zdroji. Očekává se velký zájem ze strany aktérů, současných i budoucích investorů v oblasti obnovitelných zdrojů energie a ekologických aktivit (Tracer, © 2019).

3.11 Rekultivace v Rumunsku

Rumunsko se nachází na 10. místě na světě z hlediska rozmanitosti nerostů, včetně uhlí, lignitu, železné rudy, mědi, soli, zlata, stříbra, chromu, galia, titanu, antimonu, rtuti, vanadu, barytu, boritanu, arsenu, celestinu (stroncia), smirku, živce, vápence, magnezitu, mramoru, perlitu, pemzy, pyritu (síry) a jílu. Oblast Roşia Montană je považována za největší ložisko zlata v kontinentální Evropě, odhaduje se na více než 300 tun zlata a 1 600 tun stříbra. Těžební činnost v průběhu let vedla ke zmenšení zemědělské plochy na obyvatele z 0,63 ha v roce 1938 na 0,44 ha v roce 1984. Přibližně 18 000 hektarů je v Rumunsku vystaveno těžební činnosti, která ničí přírodní stanoviště a ekosystémy, čímž se stává limitujícím faktorem pro zemědělskou půdu.

Výše uvedené zprávy naznačují naléhavou potřebu obnovy těžební půdy, aby bylo možné zajistit potravinovou bezpečnost, udržitelnost životního prostředí a ekonomické příležitosti pro lidstvo v budoucnosti. Ekologická obnova a rekultivace opuštěných dolů se již staly velmi důležitou součástí udržitelného rozvoje v mnoha zemích. V Rumunsku jsou činnosti spojené s využíváním půdy po těžbě stále zanedbávány a provozovány pouze ve velmi malém měřítku. Pro posouzení účinnosti obnovy půdy bylo zkoumáno i zhoršování fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy. Výsledky ukázaly, že obnova vegetačního krytu na odkalištích přispívá ke zlepšení kvality stabilizace půdy, kontrole znečištění, k estetickému zlepšení i zvýšení úrodnosti půdy. Strategie rekultivace důlní půdy se musí týkat struktury půdy,

úrodnosti, mikroflóry a koloběhu živin, aby se půda co nejvíce obnovila a fungovala jako soběstačný ekosystém.

Rumunsko zajistilo 790 milionů eur na uzavření čtyř uhelných dolů. Prostředky by byly použity na sociální a bezpečnostní náklady na postupné vyřazování uhlí. Evropská komise schválila v souladu s pravidly Evropské unie pro státní podporu rumunský balíček ve výši 790 milionů eur (3,9 miliardy rumunských lei) na pokrytí mimořádných nákladů vyplývajících z uzavření čtyř nekonkurenceschopných uhelných dolů – Lonea, Lupeni, Livezeni a Vulcan – v údolí Jiu (Spasic, 2024).

Údolí Jiu je hlavním rumunským uhelným regionem a jedním z 20 uhelných regionů v Evropské unii. Všechny jsou zahrnuty do Iniciativy EU pro uhelné regiony v přechodu, kterou zahájila Evropská komise v prosinci 2017. Opatření podle komise pomůže Rumunsku postupně vyřadit uhlí do roku 2032 v souladu s jeho závazným závazkem v rámci národního plánu obnovy a odolnosti a plánu územní spravedlivé transformace.

Rumunsko oficiálně plánuje dokončit postupné vyřazení uhlí v roce 2032. V srpnu však vyšlo najevo, že rumunský provozovatel přenosové soustavy elektřiny Transelectrica nevidí, že by uhelné elektrárny měly v roce 2026 a následujících letech mít podíl na přenosové soustavě země. Komise uvedla, že 790 milionů eur bude převedeno na společnost Societatea Complexul Energetic Valea Jiului SA, která provozuje čtyři doly a elektrárnu Paroșeni.

Nezávislý poradce by sledoval, zda je těžba uhlí přísně omezena na to, co je nezbytné pro veřejnou bezpečnost. Podpora pokrývá sociální náklady pro pracovníky, kteří přišli nebo přijdou o zaměstnání v důsledku uzavření dolů, a výdaje související s bezpečnostními i sanačními pracemi nezbytnými pro uzavření dolů, zejména na zabezpečení důlních šachet, nápravu ekologických škod a rekultivaci půdy po uzavření čtyř zařízení (Spasic, 2024).

Prostředky lze utratit za způsobilé náklady za období od 1. října 2023 do 31. prosince 2032. Je třeba poznamenat, že v prosinci 2023 vláda schválila státní podporu ve výši 70,4 milionu eur pro uhelný region údolí Jiu.

3.12 Rekultivace v Indii

Tři funkční uhelné doly v Madhjapradéši a Čhattisgarhu poškodily 35 % původního krajinného pokryvu oblasti, zjistila studie provedená výzkumníky z různých ústavů. Studie byla publikována v recenzovaném časopise Frontiers in Environmental Science v červenci roku 2024 (Sirur, 2024).

Obr. 4 Povrchový důl v Jharii v Jharkhandu v říjnu 2013

Zdroj: Sirur (2024)

Očekává se, že těžba nerostů, a především těžba uhlí se bude zvyšovat do roku 2040, než budou postupně utlumeny, aby bylo do roku 2070 dosaženo nulových čistých emisí. Škodlivé dopady těžby uhlí na životní prostředí jsou dobře známé, ale přeměna a obnova této půdy se rýsují jako další hranice.

Podle Mezinárodního fóra pro životní prostředí, udržitelnost a technologie, think-tank iFOREST, se v Indii v současnosti využívá 440 000 hektarů půdy pro těžbu a výrobu tepelné energie, většina z nich se soustředí ve východním uhelném pásu země.

Za posledních 10 let rozšířily uhelné podniky veřejného sektoru svou zelenou plochu pouze o 18 849 hektarů, což je zlomek půdy, kterou v současnosti zabírají těžařské práce.

Předpisy týkající se těžby uhlí usnadnily dolům rozšiřování jejich provozu s menším počtem požadavků. V roce 2021 ministerstvo životního prostředí, lesů a změny klimatu uvedlo, že mohly zahájit provoz v nelesních částech uhelného bloku, i když celý blok čeká na konečné vymýcení lesa. Ministerstvo v roce 2022 povolilo dolům rozšířit svou výrobní kapacitu ze 40 % na 50 % bez veřejné konzultace.

Rekultivace vytěžené půdy je po uzavření dolu povinná, ovšem z hlediska realizace je před námi ještě „dlouhá cesta“, řekl Subodh K Maiti, profesor environmentálního inženýrství na Indian School of Mines, který se rozsáhle vyjádřil k tématu. „Došlo k pokroku, ale stávající pokyny nejsou plně komplexní, pokud jde o vytvoření systému nebo právního rámce pro obnovu této země,“ řekl.

Transformace půdy v čase

Studie Frontiers sledovala změny ve využívání půdy z dolů Sohagpur a Jamuna & Kotma v Madhjapradéši a dolu Bishrampur v Chhattisgarhu během tří desetiletí, aby sledovala, do jaké míry změnila topografii a krajinu. Celková sledovaná plocha byla 14 660 kilometrů čtverečních (Sirur, 2024).

„Plantáže tvoří velmi malou část toho, co bylo ztraceno v důsledku těžby, a je to také mnohem méně, než se předpokládá, že se objevilo při kompenzačním zalesňování,“ řekl Tarun K Thakur, hlavní autor studie a vedoucí Katedry environmentálních věd na Indira Gandhi Národní kmenové univerzitě. Další výzkumníci, kteří přispěli ke studii, pocházeli mimo jiné z Indira Gandhi Agricultural University a Jindal Global School of Business.

Výzkumníci také vytvořili index zranitelnosti půdy zkombinováním pěti dalších indexů, které se zabývají různými dimenzemi zranitelnosti půdy. Patří mezi ně půdní index, klimatický index, terénní index, index využití půdy a index priority přírodních zdrojů (Sirur, 2024).

Zjistilo se, že ve všech třech lokalitách „rozšiřující se oblast s mírnými a strmými svahy zvyšuje stupeň zranitelnosti vůči degradaci půdy“, přičemž zvýšená skrývka vede k vodní a větrné erozi. Těžba se také podílela na tom, že se země stala zranitelnější vůči klimatickým odchylkám, jako jsou nepravidelné srážky, vysoké odpařování, vysoká teplota a nízká vlhkost.

„Původní rostliny jsou odstraňovány během těžebních operací, a protože původní stromy se jen zřídka obnovují v nehostinném prostředí dolů, a tak často nahrazují trávu a invazní cizí druhy, které nabízejí menší ochranu před erozí,“ uvádí studie.

Obr. 5 Zalesňování v otevřeném projektu Jamuna

Zdroj: Sirur (2024)

Monitorování dolů po uzavření

Obnova půdy používané pro těžbu potřebuje víc než jen plantáže, a proto uhelné společnosti v minulosti zakládaly vegetační kryt na degradované půdě vysazováním rychle rostoucích exotických dřevin s vysokým výnosem biomasy (Sirur, 2024).

Dnes převažuje názor, že by měly být využívány původní druhy, ale to, jak by měly být využívány, není vždy správně naplánováno a realizováno. Společnosti by měly dokumentovat, které původní druhy se v oblasti vyskytují, stejně jako jejich růst.

Coal India Limited a její dceřiné společnosti v současné době monitorují rekultivaci 76 povrchových dolů, které jsou v provozu. Cílem hlavního dálkového průzkumu Země je prostřednictvím snímků vyhodnotit oblast zásypem (vyplnění důlních prostor), plantáže, vodní plochy, lesní půdu a zemědělskou půdu v pronajaté oblasti projektů. Zpráva však nesleduje druhové využívané při rekultivačních složení činností.

Zpráva ministerstva uhlí o ekologických iniciativách v podnicích veřejného sektoru v oblasti uhlí a lignitu uvádí, že budoucí plány na rekultivaci půdy lze provést na ploše 36 100,4 hektaru půdy a plantážích na dalších 13 040 hektarech. „Doporučujeme provádět pravidelné průzkumy skutečné pravdy na místech, kde byla provedena plantáž, aby bylo možné změřit schopnost přežití a soběstačnost druhu a v případě potřeby naplánovat nezbytná nápravná opatření," uvádí zpráva (Sirur, 2024).

3.13 Rekultivace v USA

Rekultivace těžby uhlí vznikla na základě obav o dopady povrchové těžby na životní prostředí. Uhlí se ve Spojených státech těžilo od 40. let 18. století, ale povrchová těžba se rozšířila až ve 30. letech 20. století. Na konci tohoto desetiletí začaly státy vydávat první zákony regulující těžbu uhlí: Západní Virginie v roce 1939, Indiana v roce 1941, Illinois v roce 1943 a Pensylvánie v roce 1945. Navzdory těmto zákonům velká poptávka po uhlí během druhé světové války vedla k těžbě uhlí s malým ohledem na důsledky pro životní prostředí. Po válce státy pokračovaly v uzákonění a rozšiřování regulačních programů, z nichž některé vyžadovaly povolení k těžbě nebo skládání dluhopisů, aby bylo zajištěno, že půdu bude možné po dokončení získat zpět. Avšak tyto státní zákony byly z velké části neúspěšné při zastavení dopadů povrchové těžby na životní prostředí. Jedním z problémů bylo, že zákony se stát od státu lišily, což umožnilo přesun těžebních operací do států, kde byly předpisy méně přísné. Mezitím se povrchová těžba stávala stále běžnější: v roce 1963 jen 33 procent amerického uhlí pocházelo z povrchových dolů; v roce 1973 to bylo 60 procent.

V letech 1974 a 1975 poslal Kongres prezidentovi Geraldu Fordovi zákony o regulaci těžby, ale ten je vetoval z obav, že by poškodil uhelný průmysl, zvýšila by se inflace a omezily dodávky energie. Když Jimmy Carter vedl kampaň v Appalachii v roce 1976, slíbil, že tyto zákony podepíše. Kongres mu poslal zákon, který byl ještě přísnější než ty, které vetoval Ford, a prezident Carter jej podepsal 3. srpna 1977, což vedlo k zákonu o kontrole a rekultivaci povrchové těžby (SMCRA) z roku 1977 a zřízení Úřadu pro povrchové úpravy (Schladweiler, 2009).

SMCRA je primární federální zákon, který reguluje dopady těžby uhlí na životní prostředí ve Spojených státech. SMCRA vytvořila dva programy: jeden pro regulaci aktivních uhelných dolů a druhý pro rekultivaci opuštěných důlních pozemků. SMCRA také vytvořila Úřad povrchové těžby, agenturu v rámci ministerstva vnitra, aby vyhlašovala předpisy, byla státní regulační a rekultivační finanční agendou nákladů mezi státními regulačními programy.

Státy mohou zřídit agentury, které mají často přednost před federálními úřady při provádění jejich programů, jako je Wyomingské ministerstvo kvality životního prostředí, Divize kvality půdy (WDEQ-LQD) (Schladweiler, 2009).

MCRA vytvořila fond Abandoned Mine Land (AML) na úhradu sanace důlních pozemků opuštěných před schválením statutu v roce 1977. Zákon byl v roce 1990 novelizován, aby bylo možné vynakládat finanční prostředky na rekultivaci dolů opuštěných po roce 1977. Fond je financován ve výši daní 35 centů za tunu povrchově těženého uhlí, 15 centů za tunu uhlí těženého pod zemí a 10 centů za tunu hnědého uhlí. Celkem 80 % poplatků za boj proti praní peněz je distribuováno státy se schváleným programem rekultivací na financování rekultivačních činností. Zbývajících 20 % používá OSM k reakci na mimořádné události, jako jsou sesuvy půdy, poklesy půdy a požáry, při provádění vysoce prioritních sanací ve státech bez schválených programů. Státy se schválenými programy mohou také použít prostředky AML k vytvoření programů pojištění majitelů domů proti sesuvům půdy způsobeným podzemní těžbou (Surface Mining Law, 2009).

Peníze z Fondu připadají na „rekultivaci a obnovu, včetně pozemků a vodních ploch nepříznivě ovlivněných minulou těžbou uhlí, mimo jiné rekultivace a obnovy opuštěných oblastí povrchových dolů, opuštěných oblastí zpracování uhlí a opuštěných uhelných odpadů, oblasti utěsňování a vyplňování opuštěných hlubinných důlních otvorů a osázení půdy nepříznivě ovlivněné minulou těžbou uhlí, aby se jednalo o erozi a sedimentaci, omezování, úprava a znečištění vody způsobené uhelným dolem; odvodňování, včetně obnovy koryt toků, a výstavba a provoz úprav vody, prevence, snižování a kontrola spalování uhelných odpadů a spalování uhlí in situ, prevence, snižování a kontrola poklesu uhelných dolů; podpora jednotlivých států spravovaných programů pojištění soukromého majetku proti škodám způsobeným sesuvy půdy v důsledku podzemní těžby uhlí“. Přednost dostaly ty lokality, které se nacházejí v blízkosti obytné oblasti nebo mají nepříznivý ekonomický dopad místní komunity (Surface Mining Law, 2009).

V lednu 2010 AP Press uvedl, že 395 milionů dolarů bylo k dispozici na rekultivaci opuštěných dolů, které poskytlo ministerstvo vnitra USA. Příjemci mohou požádat Úřad pro rekultivaci a vymáhání povrchové těžby ministerstva vnitra o financování konkrétních projektů. Část peněz – 150 milionů dolarů – pochází z poplatků vycházejících z produkce uhlí v USA. Zbývajících 245 milionů dolarů pochází z amerického ministerstva financí neboli od daňových poplatníků. Program od roku 1977 poskytl více než sedm miliard dolarů na odstranění více než 285 000 akrů (Rubin a Asseo, 2011).

Podle průzkumu z roku 2009 na 410 místech odstranění na vrcholcích hor v Appalachii provedeném pro radu Natural Resources Defense Council, 366 míst (89,3 %) nemělo po těžbě žádný ekonomický rozvoj (s výjimkou lesnictví a pastvin) 26 míst (6,3 %) nemělo nějakou formu ekonomického vývoje po těžbě a stav zbývajících 18 lokalit se nepodařilo zjistit (Geredien, 2009).

Od října 2001 udělila Západní Virginie 218 povolení k povrchové těžbě, která pokrývá 84 793 akrů. Z této výměry bylo 6 035 akrů, tedy asi sedm procent, určeno pro průmyslovou/komerční výstavbu, veřejné služby nebo rezidenční výstavbu. Oba představitelé státu uvedli, že čísla nezahrnují vývoj, který mohou soukromí vlastníci pozemků hledat poté, co stát ukončí dohled nad vytěženou půdou. Naprostá většina půdy po těžbě v obou státech byla určena k využití pro biotopy ryb a volně žijících živočichů, lesy nebo pastviny.

Zpráva z roku 2011 od Prairie Rivers a projektu Environmental Integrity Project (EIP) „Illinois v ohrožení: Laxní ochranná opatření a žádné vymáhání ohrožují vodu, vzduch a životy obyvatel poblíž skládek uhelného popela“ vyhodnocovala údaje z odběru vzorků podzemních vod, které provedla Agentura ochrany životního prostředí zjistila překročení zdravotních norem pro kontaminanty uhelného popela v podzemních vodách na všech 22 hodnocených lokalitách. Jedna z lokalit zahrnovala rekultivaci uhelného dolu Murdock od Alpena Vision Resources v Douglas County (Stant a Barkley, 2011).

Gadinski připravil podrobnou kritiku zprávy Bark Camp, která uvádí:

- vysokou pravděpodobnost znečištění podzemních vod, jakož i kontaminaci souvisejících povrchových vod,
- tvorbu toxických par v důlních šachtách,
- podzemní spalování odpadů z uhelného popela.

Gadinski také podal stížnosti a zprávy na ministerstvu ochrany životního prostředí státu Pensylvánie (DEP) s tím, že spoléhání se na zprávu Bark Camp bylo nerozumné a právně sporné. PEER požádal státního generálního auditora, aby provedl „audit výkonnosti“ jak na ministerstvu zahraničí z důvodu vymáhání licenčních zákonů, tak na DEP pro vydávání povolení k rekultivaci na základě „nespolehlivých informací nashromážděných od jednotlivců, kteří nemají oprávnění vykonávat geologii“.

Kvůli laxnímu vymáhání iniciovala Národní federace divoké zvěře (NWF) v roce 1979 projektové těžby, aby podpořila implementaci SMCRA, projektu udržovaného s financováním z Public Welfare Foundation a Ford Foundation. Podle NWF byla v letech bezprostředně po průchodu SMCRA uhelnými společnostmi ignorována více než polovina všech federálních zakázek na rekultivaci dolů. Vláda také nedokáže vyhodnotit více než 200 milionů dolarů v pokutách SMCRA vůči uhelné společnosti.

Skupiny a organizace občanů uhelných zemí, jako je NWF, se proto spojily, aby monitorovaly a prosazovaly vymáhání prostřednictvím aktivismu a u soudu. Zjistily, že uhelné společnosti využívají dvě běžné techniky pro skrytí odpovědnosti za rekultivaci (Lipske, 1995).

Dodavatel poskytne povolení k těžbě uhlí, převezme odpovědnost za rekultivaci místa a poplatek, předá uhlí velké korporace k prodeji, ale tito malí dodavatelé, kteří mají chronický nedostatek kapitálu, často nedokážou splnit svou povinnost SMCRA vyčistit důlní areály (Lipske, 1995).

Program ekonomické revitalizace opuštěných dolů (AMLER)

Od založení programu ekonomické revitalizace opuštěných důlních oblastí (AMLER) – původně pilotního projektu hospodářského rozvoje opuštěných důlních oblastí – Kongres schválil prostřednictvím ročních finančních prostředků 912,5 milionu amerických dolarů ve financování AMLER za účelem rekultivace opuštěných důlních oblastí ve spojení s ekonomickými a komunitními možnostmi rozvoje.

Bipartisan Infrastructure Law (BIL)

BIL (Public Law No. 117-58) poskytl investici jednou za generaci do revitalizace ekonomiky a životního prostředí amerických komunit uhelných revírů. Kromě rozšíření pravomoci pro výběr poplatků za boj proti praní peněz v rámci SMCRA zákon o infrastruktuře povolil a přidělil 11 293 miliard dolarů za uložení do fondu na rekultivaci opuštěných dolů, přičemž přibližně 10 873 miliard dolarů bude rozděleno mezi způsobilé státy a kmeny ve stejném ročním období – přibližně 725 milionů dolarů za rok – po dobu 15 let, aby se tak pomohlo obnovit postižená uhelná společenství a poskytly se výhody současné i budoucímu generacím.

Organizace OSMRE oceňuje, že Kongres uznal ohromnou environmentální a ekonomickou hodnotu programu AML i efektivní implementaci této historické

investice a poskytování smysluplných výsledků představuje pro OSMRE nejvyšší prioritu. Tyto prostředky zlepší a výrazně zvýší úsilí OSMRE o podporu států, kmenových národů, zainteresovaných stran a komunit. BIL rozšiřuje investice do programu AML, vytváří bezprecedentní příležitost získat zpět opuštěné důlní prvky v rozsahu, který není jinak dosažitelný, a vytváří dobře placená pracovní místa a podněcuje ekonomický rozvoj v uhelných komunitách (Owens a Glenda, 2023).

OSMRE bude i nadále úzce spolupracovat se státy, občany i dalšími zúčastněnými stranami na dosažení těchto cílů a rozvoje příležitostí k ekonomické revitalizaci v uhelných komunitách (Owens a Glenda, 2023).

3.14 Rekultivace v Indonésii

Těžba je jedním z nejdůležitějších ekonomických sektorů Indonésie. Těžební produkty se na celkové exportní hodnotě Indonésie podílejí až 17 % ročně a z několika hlavních těžebních produktů se těžba uhlí podílí na hodnotě 87,27 %. Údaje z ověřených zdrojů a zásob k prosinci 2019 ukázaly, že těžba uhlí měla potenciál dosáhnout 88 338,66 a 25 070,50 mil. tun. Tento potenciál byl rozprostřen ve 23 provinciích s největším potenciálem objeveným v oblastech východního Kalimantanu, jižní Sumatry a jižního Kalimantanu (Adriani et al., 2020).

Uhlí a nerostné zdroje hrají důležitou roli v indonéském ekonomickém rozvoji. Těžební materiály přispívají přibližně pěti procenty k celkovému hrubému domácímu produktu (HDP) Indonésie (Hilmawan et al., 2016). Indonéský uhelný průmysl je jedním z největších světových producentů a exportérů uhlí, zatímco produkce ostatních nerostů se rozvíjí pomaleji. Potenciální ložiska nerostů zahrnují železo a přidružené látky (železo, nikl, mangan, kobalt, titan, chromit a molybden), drahé kovy (zlato, stříbro a platinu), obecné kovy (cín, zinek, měď, olovo a rtuť) a vzácné kovy (bauxit a monazit). Téměř všechna ložiska nerostných surovin a uhelných zdrojů v Indonésii se však nacházejí v tropických deštných pralesích (Devi a Prayogo, 2013).

Tropické deštné pralesy mají fyzikální, chemické a biologické vlastnosti lesních půd. Jsou to přirozeně stabilní a odolná tělesa, která mohou být dočasně změněna přirozenými hnacími silami, jako jsou oheň a povodeň. Dopady antropogenních poruch spojených s rozsáhlými lidskými aktivitami, jako je těžba, na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy a dlouhodobou udržitelnost jsou však jedním z palčivých problémů, které se staly globálními. Mnoho problémů zůstává typických

pro zainteresované strany v oblasti lesnictví a vyžadují zvláštní úsilí k objasnění nepříznivých zkušeností i následně přezkoumání řešení pro zvládnutí obtíží (Prematuri et al., 2020).

Až dosud měl uhelný průmysl pozitivní dopad na hospodářský růst Indonésie a rozvoj infrastruktury v odlehlých oblastech. Techniky povrchové těžby však potenciálně poškozují životní prostředí, včetně rozsáhlé degradace lesů, ztráty biologické rozmanitosti, sesuvů půdy, eroze půdy, znečištění půdy těžebním odpadem a hlušinovým prachem, což rovněž vede k sociálním konfliktům s místními obyvateli (Park et al., 2020).

Celosvětově se řada těžebních míst nachází v lesních oblastech, včetně Indonésie, a zalesňování je stále považováno za nejlepší volbu při poskytování ekologických i ekonomických výhod při rekultivaci. Několik těžebních společností v národním měřítku prokázalo, jak provádějí rekultivaci krajiny po těžbě a zalesňování, zejména pozemků po těžbě, které byly původně lesní oblastí, jež byla zapůjčena k těžbě nerostných surovin. Hlavním problémem při zalesňování potěžebních lokalit je zhoršený stav růstu lesních dřevin v důsledku vysoké toxicity pocházející z různých polutantů, nedostatku makroživin i mikroživin, organické hmoty a narušení vodního režimu v půdách. Činnosti zalesňování, jejichž cílem je vrátit lokality do jejich původního výchozího stavu, se stávají velmi nepravděpodobnými. Snahy o pokrytí přetížených ploch technologií hydroosevu jsou prvním krokem ke snížení povrchové eroze. Hlavním směrem pro těžařské společnosti se staly úspěchy při výsadbě rychle rostoucích dřevin (Pietrzykowski, 2019).

Technické těžební činnosti v Indonésii se odvolávají na směrnice vydané Ředitelstvím nerostného a uhelného inženýrství a životního prostředí, ministerstvem energetiky a nerostných zdrojů. Stejně jako u jiných operací povrchové těžby uhlí musí společnosti před zahájením procesu těžby uhlí odloupnout, uložit a dočasně uskladnit vrstvy půdních materiálů, o kterých bylo zjištěno, že je lze znovu použít jako médium pro růst rostlin při obnově vegetace, dokud nebudou rozprostřeny jako finální vrstvy na povrch rekultivační plochy. Proto by se s ornicí v oblasti skládky mělo zacházet správně. Mezi principy používané při hospodaření s ornicí patří:

- co nejrychlejší využití při rekultivačních činnostech,
- její ochrana před erozí a sedimentací,

– zlepšování kvality úrodnosti půdy (Mushia et al., 2016).

Tato zásoba půdy je umístěna na bezpečném místě, a pokud není okamžitě použita, je povrch osázen travinami nebo luskovinovými krycími plodinami (LCC), aby se snížila možná eroze. V případě, že nahromaděná ornice zůstane po dlouhou dobu, může dojít k degradaci fyzikální, chemické a biologické povahy ornice.

Manipulace se skrývkovým materiálem nebo odpadními horninami je také důležitá pro určení, zda jsou kategorizovány jako NAF (nekyselinotvorné), nebo PAF (potenciálně kyselinotvorné) materiály. Proto musejí být materiály skrývky, které jsou potenciálně kyselinotvorné umístěny odděleně od materiálů skrývky, které jsou potenciálně nekyselinotvorné. Metoda odběru vzorků, příprava vzorku a zkouška charakteristických vlastností skrývkového materiálu jsou popsány v odborné literatuře (Pozo-Antonio et al., 2014).

Terénní úpravy

Rekultivace bývalých těžebních pozemků se provádí podle směrnice pro rekultivaci potěžebních pozemků vydaných ministerstvem energetiky a nerostných surovin týkající se pokynů pro životní prostředí v rámci realizace těžby nerostů a uhlí. Rekultivační činnost začíná terénními úpravami, což je přeskupení veškerého zbývajícího těžebního materiálu na určené místo s vypočítaným sklonem a mocností (Agus et al., 2019). Vysoce kyselé podmínky způsobují přítomnost těžkých kovů v uhlí, například železa, rtuti, kadmia, olova, chromu, mědi, zinku a niklu, které se mohou rychle rozpouštět a přenášet do vod (Sharma et al., 2020).

Kromě aktivního čištění pomocí vápna připravilo několik uhelných dolů také vybudované mokřadní oblasti k provádění pasivního čištění za použití různých rostlinných druhů ke snížení hladin Fe a Mn, a také ke zvýšení pH. Intenzivně studovanými rostlinami jsou bahnička jedlá (Eleocharis dulcis), Fimbristilys hispidula, Mariscus compactus, Typha angustifolia a Eichhornia crassipes.

Umístění půdních materiálů a vlastnosti těžby půdy

Materiály hlušiny jsou velmi obtížně použitelné přímo jako pěstební médium kvůli jejich chemicko-fyzikálním vlastnostem, které nejsou vhodné pro růst kořenů rostlin. Hlušinové vrstvy jsou-materiály bezstrukturní, které mají vysokou objemovou hmotnost v důsledku pohybu těžké techniky a často obsahují zvýšenou koncentraci stopových kovů. Jejich vlastnosti brání cirkulaci vody a omezují jejich schopnost

podporovat růst kořenů rostlin. Výsev ornice přes aranžované vrstvy hlušiny tedy poslouží jako pěstební médium pro revegetační rostliny (Sekarjannah et al., 2019).

Obecně se tloušťka půdy vysévané nad hlušinou pohybuje v rozmezí 50 až 125 cm. V důsledku prořídnutí původní půdy v lokalitě však v několika rekultivačních oblastech dosahovala mocnost oseté půdy pouze 10–80 cm. Uvádí se, že tato půdní směs má velmi nízké hladiny organického uhlíku, celkového dusíku a dostupného fosforu, je chudá na ostatní rostlinné živiny a snižuje aktivitu mikroorganismů. Produktivita rekultivovaných míst po těžbě výrazně více závisí na fyzikální povaze důlních půd ve srovnání s jejich chemickou povahou. Proto je třeba provádět úpravy půdy různými materiály dostupnými v okolí dolu, aby se obnovily fyzikální i chemické vlastnosti důlních půd, například použitím kompostovaného kuřecího hnoje, pilin, vápna nebo hnojiv NPK (Sobek et al., 2000).

Revegetační proces

Krajinářské práce, zejména úprava hlušinových vrstev s následným výsevem půdního materiálu jako pěstebního média na povrch finální rekultivace, jsou velmi nákladné. Podle nejběžněji přijímaného způsobu, jak zabránit znehodnocení důlní půdy erozí během rekultivačního procesu je obnova vegetace. V indonéských podmínkách mezi běžně používané revegetační rostliny náleží rychle rostoucí rostliny. Revegetace na bývalých těžebních pozemcích nejen chrání důlní půdu před degradací v důsledku eroze, ale také zlepšuje kvalitu samotné důlní půdy. Zlepšení kvality důlní půdy nepřichází pouze ze stromů, ale také z luskovinových krycích plodin.

Revegetace zlepšuje nejen kvalitu důlní půdy, ale i mikroklimatické podmínky. Revegetace způsobí, že se povrch země pokryje zápojem rostlin a procento pokryvu se s přibývajícím věkem revegetovaných rostlin zhušťuje. Jak v průběhu času roste vegetační kryt, mění se mikroklima rekultivovaných lokalit. (Iskandar et al., 2019).

Kontrola eroze

V Indonésii, vlhké tropické zemi, prší rovnoměrně po celý rok, přičemž průměrné měsíční srážky bývají poměrně vysoké. Právě vysoká intenzita srážek v období dešťů může vést k erozi a sesuvům půdy v rekultivačních oblastech, které se vždy stávají hlavním problémem kontroly. K překonání tohoto stavu vydalo ministerstvo energetiky a nerostných surovin technický pokyn pro omezování eroze, který obsahuje protierozní techniky a návrhy opatření. Vzhledem k materiálům, které tvořily

rekultivační oblast, často dominovaly jemné frakce o velikosti zeminy, které byly snadno erodovány proudem vody; vodní cesty byly zpevněny kamennými bloky nebo použitými pneumatikami, jak lze vidět na obrázku níže. Srázy vzniklé výstavbou teras nebo morfologickými změnami v důsledku výstavby vodních toků jsou stabilizovány skalními bloky, rip-rapem nebo gabiony.

Obr. 6 Drenážní systém zkonstruovaný a vyztužený kamenem nebo jinými materiály pro zpevnění odtokové základny

Zdroj: Iskandar (2021)

3.15 Rekultivace v Austrálii

Austrálie má jeden z nejrozvinutějších těžebních průmyslů na světě jako přední producent přibližně 16 komodit, včetně zlata, bauxitu, železné rudy, prvků vzácných kovů, minerálních písků, zinku, niklu a uhlí. V roce 2021 dosáhl australský vývoz nerostných surovin (bez ropných produktů) přibližně 200 miliard amerických dolarů, což představuje 58 % veškerého vývozu zboží a 46 % veškerého vyváženého zboží a služeb. V roce 2021 tvořil těžební průmysl více než 10 % hrubého národního produktu země. Kromě toho těžební průmysl zaměstnával přibližně 240 000 lidí, což je číslo, které je mnohem větší, když se zahrnuje související odvětví. Austrálie je bohatá na mnoho nerostných zdrojů, které jsou řadou obchodních partnerů země

dováženy jako strategické nerosty. Rozvíjející se trhy pro tyto komodity, zejména ty spojené s novými technologiemi, jako jsou baterie, obnovitelná energie a elektrická vozidla, v posledních letech stimulovaly průzkum i vytyčování nových ložisek zdrojů v Austrálii (Kondratiev, 2022).

Právě Austrálie se řadí mezi přední světové těžařské země a jde o čtvrtou největší těžařskou zemi na světě po Číně, USA a Rusku. Těžební průmysl dlouho byl a zůstává základním kamenem australské ekonomiky. Od 50. let 19. století, kdy zlatá horečka sehrála klíčovou roli v raném rozvoji země, zůstává jedním z nejrozvinutějších sektorů ekonomiky země. Toto odvětví je hlavním přispěvatelem k národnímu hrubému produktu a v roce 2020 tvořilo asi 10 % celkového HDP. Má také výraznou exportní orientaci s minimálním zpracováním vyrobených produktů v zemi (Kondratiev, 2022).

Austrálie je největším světovým producentem lithia a patří mezi pět největších světových producentů zlata, železné rudy, olova, zinku a niklu. Má také největší světové zásoby uranu a čtvrté největší zásoby uhlí.

V Austrálii působí zhruba 300 těžařských společností, 600 průzkumných firem a asi 350 dolů. Těžební průmysl hraje v ekonomice země zásadní roli. Mezi vyspělými zeměmi má těžební průmysl stejnou roli pouze v Kanadě a Norsku. Austrálie zaujímá přední postavení ve světové produkci a zásobách kritických nerostných zdrojů.

Přibližně jedna třetina dolů se nachází v Západní Austrálii, jedna čtvrtina v Queenslandu a jedna pětina v Novém Jižním Walesu, což z nich činí tři hlavní těžařské oblasti.

Dvěma nejdůležitějšími nerostnými produkty Austrálie jsou železná ruda (29 dolů), z nichž 97 % se těží v Západní Austrálii, a uhlí (přes 90 dolů), které se těží především v Queenslandu a Novém Jižním Walesu. Na rozdíl od velké části světové produkce se asi 75 % australského uhlí těží v povrchových dolech.

Od počátku 60. let představuje těžební průmysl klíčový motor růstu australské ekonomiky. V roce 2020 dosáhla reálná hrubá přidaná hodnota v těžebním průmyslu 187 miliard amerických dolarů. To představuje přibližně 6,4 % celkové hrubé přidané hodnoty v Austrálii, což z něj činí jedno z klíčových odvětví v zemi.

Austrálie je relativně plochá a řídce osídlená, s výjimkou některých pobřežních oblastí, které upřednostňují intenzivní průzkum a těžbu. Austrálie se specializuje na těžbu 19 nerostů a je největším světovým vývozcem uhlí, železné rudy, oxidu hlinitého,

olova, zinky, lithia, bauxitu a mnoha dalších zdrojů. Navíc se odhaduje, že Austrálie má největší světové zásoby zlata.

Austrálie náleží k největším producentům hlavních světových nerostů. Jedná se o:

- předního světového výrobce bauxitu, oxidu hlinitého, rutilu a tantalu,
- druhého největšího producenta uranu, olova, ilmenitu, zirkonu a lithia,
- třetího největšího producenta železné rudy a zinku,
- čtvrtého největšího producenta uhlí, zlata, manganu a niklu,
- pátého největšího výrobce hliníku, hnědého uhlí, diamantů, stříbra a mědi.

Minerály tvoří 58 % celkového exportu australského zboží. Z tohoto vývozu komodit připadá 18 % na železnou rudu. Austrálie má největší prokázané zásoby některých nerostů na světě, konkrétně zlata, železné rudy, olova, rutilu, tantalu, uranu, zinku, zirkonu. Země je také největším světovým producentem bauxitu, železné rudy, lithia a rutilu (Kondratiev, 2022).

Austrálie zkoumá plány na přeměnu starého uhelného dolu na vodní elektrárnu. Projekt je pokračováním snah o využití a rekultivaci oblastí zasažených těžbou. V současnosti probíhá pilotní projekt v ceně zhruba 10 milionů dolarů v dole Newstan Colliery ve Fassifernu, nacházejícím se přibližně 140 kilometrů (87 mil) severovýchodně od Sydney. Pokud bude úspěšný, mohl by se stát modelem pro desítky starých uhelných dolů, které budou v Austrálii vyřazeny z provozu v nadcházejícím desetiletí.

Výzkumníci otestují, zda bya mavrhovaná 600megawattovou vodní elektrárnu včetny jejího zásobníku. Výsledky také ukážou, zda lze technologii aplikovat či nikoliv na jiné uhelné doly. Jak uvedl australský ministr energetiky a snižování emisí Angus Taylor, nové využití nepoužívaných zařízení pomůže snížit emise skleníkových plynů a zajistí větší stabilitu provozu větrných i solárních elektráren.

Podstatu projektu tvoří využití starých dolů. Vodní elektrárny využívají energii z větrných turbín (nebo solárních panelů) v období nízké poptávky nebo přebytku k čerpání vody do horních pater dolu. K tomu se používají výkonná důlní čerpadla. V období nedostatku energie se voda uvolňuje do nižších hladin, kde pohání turbíny vyrábějící elektřinu.

Nestabilita při výrobě zelené energie

Jestliže se utiší vítr nebo slunce zapadne, výroba se přirozeně zastaví. V sítích je nedostatek elektřiny, který je kompenzován z tradičních zdrojů. Za zmínku stojí také problém „špičkového zatížení“.

Newstanský proces je jen jedním z několika podobných projektů v Austrálii. Společnost Genex Power Ltd. plánuje na bývalý zlatý důl v Queenslandu nainstalovat 250megawattovou vodní elektrárnu, která bude fungovat v tandemu s větrnými a solárními elektrárnami.

V bývalém uhelném dole Drayton v Novém Jižním Walesu získala společnost Malabar Resources stavební povolení pro 25megawattovou solární elektrárnu.

3.16 Rekultivace v Rusku

Vědci z Kemerovské státní univerzity provedli sérii studií půdy uhelných skládek a vybrali optimální typy stromů i keřů. Výsadba může normalizovat kyselost půdy a snížit obsah těžkých kovů.

Byly vysázeny rostliny na experimentálních lokalitách na výsypkách uhelných dolů v oblasti Kemerova. Vybráno bylo 12 druhů stromů a keřů, např. jilm drobnolistý, zimolez modrý, modřín evropský, olejník stříbřitý, měchýřník kalinistý, rybíz alpský, sibiřská borovice, pyramidální topol, třešeň a modrá růže. Pokusy také ukázaly vysokou účinnost výsadby 20 druhů vytrvalých trav, jako jsou jetel, kozinec, lupina, vojtěška a kostřava (Global Energy Association, 2024).

Nyní vědci provádějí druhou fázi studie, ve které by měly být pomocí pozemních senzorů identifikovány rostliny a stromy, které nejúčinněji absorbují oxid uhličitý. Výsledky druhé etapy budou použity k vytvoření zkušebního místa v Kuzbassu.

Problematikou rekultivace narušených území se zabývají i botanici z Federálního výzkumného centra pro uhlí a chemii uhlí sibiřské pobočky Ruské akademie věd, kteří vyvíjejí technologie pro pěstování „zelených“ plodin s ohledem na jejich přežití. Další tým výzkumníků se zabývá získáváním huminových látek z hnědého uhlí, které jsou dobrým stimulátorem růstu pro plodiny pěstované na narušených pozemcích. Rozhodujícím faktorem pro minimalizaci ekologických stop těžby uhlí je však rozsah rekultivačních prací, který je podle řady odborníků stále nedostatečný (Global Energy Association, 2024).

Společnost Raspadskaya Coal Company se rozhodla podniknout velký vědecký experiment: ekologové společně s vědci vyvíjejí ekologicky efektivní rekultivační technologii, která urychlí proces obnovy narušených území a zpestří flóru, tedy druhové složení stromů na skalní skládku. Za tímto účelem byl na povrchovém dole Raspadsky vytvořen ekopolygon. Při realizaci projektu pomáhají těžaři uhlí vědci ze SibGIU, Federálního výzkumného centra pro uhlí a chemii uhlí sibiřské pobočky Ruské akademie věd, Ústavu pedologie a agrochemie Ruské akademie věd, jako Moskevský institut oceli a slitin (Kuchumova, 2024).

Vydali jsme se do průmyslového areálu podniku v Meždurečensku, abychom viděli, jak tento neobvyklý objekt, který vznikl na křižovatce průmyslu a botaniky, funguje. Našimi průvodci ve zprávě poprvé nebyli horníci, ale profesionální ekologové, kteří poznamenali, že samotná myšlenka ekotestovacího místa se zrodila v procesu vyjednávání mezi výrobními dělníky a vědci.

Deset parcel, šest tisíc sazenic

Úkolem číslo jedna bylo vybrat místo pro budoucí ekopolygon, říká Naděžda Gurjeva, hlavní specialistka na ochranu životního prostředí v povrchovém dole Raspadsky. Místo muselo být víceméně rovné, nacházet se daleko od těžebního místa, kde neustále probíhají vrtné a trhací práce, a také přístupné pro návštěvy ekologů a vědců z Raspadské. V důsledku toho byla na skládce skrývky nalezena vhodná čtyřhektarová plocha.

Nejprve na místo budoucího ekotestu vstoupili horníci dolu se speciální technikou. Provedli nivelaci, navezli úrodnou půdu a vytvořili plochy pro výsadbu. Ekopolygon je tvořen 10 parcelami o rozměrech 50 ×50 m, které byly podle krajinných prvků uspořádány do tří řad: dvou, tří a pěti. Bylo zde vysazeno 6 000 sazenic stromů různých druhů (Kuchumova, 2024).

Obr. 7 Ekopolygon

Zdroj: Kuchumova (2024)

Na ekopolygonu tedy v současnosti můžete vidět sazenice cedru, jedle sibiřské, borovice obecné, břízy, jeřábu, karagany, třešně ptačí, kaliny, osiky, tavolníku, smrku, modřínu a lípy dodává, že stromy na pozemcích byly vysazeny v různých poměrech, aby se získalo co nejvíce kombinací a vyhodnotilo se, v jakém případě se aktivněji obnovuje půdní pokryv a ve kterých komunitách stromy nejlépe rostou.

Při pohledu na tyto „klasiky“ nás zajímá, jak odborníci z dolů vidí budoucnost ekoskládky za 20–25 let. Je možné, že někde v budoucí tajze bude oblast rozdělená na čtverce? Ekologové nás s úsměvem ujistili, že příroda si v každém případě vezme své. Ne všechny sazenice přežijí – to je normální. Do pozemků připravených lidmi se navíc již samy zasadily další rostliny – nechají se nerušeně růst. Takže za několik desetiletí bude toto místo obsazeno nejobyčejnějším sibiřským smíšeným lesem (Kuchumova, 2024).

Obr. 8 Rostliny na ekopolygonu

Zdroj: Kuchumova (2024)

Obr. 9 Povrch ekopolygonu

Zdroj: Kuchumova (2024)

Obr. 10 Práce na ekopolygonu

Zdroj: Kuchumova (2024)

Ve skutečnosti se lidé snaží do procesu buď vůbec nezasahovat, nebo pomáhat sazenicím růst. Úkolem je zjistit, jak si stromy samy poradí. Stromy byly vysazeny ve dvou etapách: v červnu a září loňského roku. Technologie rekultivace zahrnuje přípravu výsadbových jam, použití hydrogelu a zálivku hned na začátku.

Začátek loňského léta byl horký a ekologové z Raspadské se obávali, že rostliny nezakoření. Na místě není voda na zavlažování, proto byla přivezena speciální lomová technika – zavlažovací stroje, které slouží k odprašování při těžbě. Pokud jde o další akce, žádné nejsou: toto je ekopolygon, nikoli zahrada. To znamená, že stromy nejsou na zimu svázané ani zakryté. To druhé je však naprosto zbytečné: ekologové společnosti říkají, že se na tomto místě tvoří dvoumetrové závěje a stromy jsou nyní mnohem nižší (Kuchumova, 2024).

Pokud jde o půdu, podle technologie těžby musí těžařská společnost pečlivě odstranit svrchní úrodnou vrstvu, zakonzervovat ji a následně tuto zásobu využít v procesu rekultivace. Ale, jak vysvětluje Roman Nekipelov, přední specialista na ochranu životního prostředí v povrchovém dole Raspadsky, v těchto částech je úrodná vrstva

velmi tenká, takže ji prostě nebude možné celoplošně rekultivovat (Kuchumova, 2024).

To je další část experimentu. Jako zeminu používá Raspadskaya Coal Company nejen PPP (potenciálně úrodné horniny), ale také další materiály v různých poměrech.

Úkol je stejný: vidět, jak sazenice zakořeňují v různých typech půdy. Použitým materiálem byla hornina vytěžená z různých částí úseku a v různých hloubkách. Všechny tyto informace jsou pečlivě zaznamenány a uloženy, lze je vidět na samotných cedulích nainstalovaných na stanovištích.

Autoři projektu se mimo jiné opět v rámci experimentu rozhodli v jedné oblasti použít jako zeminu technogenní eluvium, v jiné zase směs oxidovaného uhlí s popelem a struskou. Poslední pozemek sice zatím ještě zůstává ve stadiu projektu, nicméně na technogenním eluviu semenáčky překvapivě dobře zakořeňují.

Výsledky experimentu otevřou velké možnosti pro rekultivační práce. Nedostatek úrodných půd je nakonec problém nejen v Kuzbassu, potýkají se s ním téměř všichni uživatelé podloží. Běžnou situací jsou přitom i jíly a hlíny ve složení nadložních hornin; Pokud se prokáže, že se dají aktivně využít v procesu rekultivace, lze takové projekty realizovat novým způsobem (Kuchumova, 2024).

Raspadskaya Coal Company realizuje tento projekt společně se SibGIU, jejíž zaměstnanci zde vedou vědeckou práci. Krátce před naší návštěvou místa ekotestu zde tedy byla realizována další etapa: ekologové spolu se studenty ústavu instalovali čidla pro celoroční vědecké sledování klimatických podmínek v lokalitě.

Pokud jde o senzory, vědci je hodlají použít ke sledování teplotních změn v půdě, takže byly upevněny v zemi v různých hloubkách. Data se budou sbírat v průběhu celého roku a ekologové z Raspadské budou dostávat souhrnná data o teplotě zařízení v průběhu celého roku. Nejbližší plány zahrnují instalaci meteorologické stanice, která by umožnila sledovat povětrnostní podmínky.

Každá těžařská společnost, která dokončila výrobu na místě, je ze zákona povinna provést rekultivaci. Tato etapa je již zahrnuta v projektu těžební a dopravní části rozvoje ložiska – je pouze jedním z bodů plánu. Projekt prochází různými zkouškami, včetně ekologických, a bez nich podnik prostě nemůže fungovat (Kuchumova, 2024).

Za nedodržení termínů projektů hrozí pokuty, a to od 500 tisíc rublů výše. Podnik může provádět rekultivace souběžně s těžbou, pokud to báňské a geologické podmínky umožňují. Tento bod je uveden i v projektové dokumentaci.

Těžební společnost zpravidla neprovádí biologickou rekultivaci svépomocí, ale zapojuje do prací dodavatele. Rekultivovanou lokalitu společnost předá majiteli. Navíc si jej nepřevezme okamžitě po výsadbě sazenic, ale až po několika letech. Komise posuzuje míru přežití rostlin, soulad provedených prací s projektovou dokumentací a v případě potřeby dalších prací vydává příkazy (Kuchumova, 2024).

4 Diskuze

Prostřednictvím dotazníkového šetření jsem se osobně dotazoval obyvatel Mostecka. Dotazoval jsem se 25ti mužů a 25ti žen starších 18ti let. Odpovědi byly v průměru vyrovnané mezi mladšími a staršími občany, a i mezi muži a ženami. Dozvěděl jsem se, že místním obyvatelům vadí a jsou s nespokojeni především s úpadkem jejich regionu v dlouhodobém časovém horizontu. Drtivá většina místních však již dnes nepozoruje negativní vliv povrchové těžby. Nyní považují rekultivační projekty spíše za příležitost k rozvoji celého širšího regionu. Dozvěděl jsem se, že zde převládal názor, že je vhodné podporovat turistický ruch v těchto oblastech prostřednictvím mnoha menších decentralizovaných projektů a tvorbou většího množství menších turistických cílů, tak aby nedocházelo, či byl potlačen negativní efekt ze zvýšení turistického ruchu. Také jsem se dozvěděl, že převládá zájem o vznik spíše jednodenních aktivit bez nutnosti možnosti ubytování v hotelech či jiných zařízeních, avšak je zde značný zájem o restaurační služby včetně možnosti sociálního zařízení. Mezi obyvateli blízkého i širšího okolí byly shodné odpovědi, že tyto projekty jsou nutné, smysluplné a mají význam. Část z těchto lidí se o problematiku zajímá a navštěvuje podobné zrekultivované a zpřístupněné památky pravidelně po celé ČR i jiných státech Evropy. Z dotazníkového šetření jednoznačně vyplynulo, že je významná shoda na tom, že by některé ikonické technické památky by měli být opraveny a uzpůsobeny a ponechány na místě pro možnost využití návštěvníkům jako například výše zmiňované obří rypadlo… Dále jsem také zjistil, že zájem o sportovní vyžití je zde značný, ale spíše jen sezóně. Avšak zde by mohl být problém, pokud bychom měli lokalitu, kde by se vyskytovala pouze možnost nějakého sportovního areálu, kde by byla otevřenost jen sezóně a zároveň, kdybychom, zde chtěli mít nějaké občerstvení, tak finanční návratnost a udržitelnost celého zařízení je nejistá. V neposlední řadě jsem se dozvěděl, že obyvatelům a návštěvníkům by nevadilo za možnost navštívit tyto oblasti zaplatit. Je zde vyrovnaný podíl obyvatel preferující minimální zásah do krajiny v rámci rekultivačních projektů s podílem obyvatel preferující projekty vedoucí k obnově a zpřístupnění celé oblasti a propojení s odkazem na již ukončenou povrchovou těžbu.

5 Závěr

Povrchová těžba uhlí s sebou přináší řadu důsledků pro půdní zdroje a vytváří obrovský tlak na ekologické prostředí. Odstraňování skrývky, těžba, přeprava zemin a skládkování mají různé účinky na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy. Rekonstruovaná krajina navíc produkuje zvýšenou maloplošnou prostorovou heterogenitu těžených půd. V současnosti zvyšující se obavy z negativních důsledků těžby zdůrazňují význam rekultivace ve studiích těžby.

Nepřetržitý proces těžby ničí vegetaci / půdní systémy a snižuje produktivitu i úrodnost půdy, zatímco cílem rekultivace je navrácení těžby do původního stavu obnovením nutričních vlastností půdy pomocí řady rekultivačních metod. Díky inženýrským, chemickým a biologickým opatřením procházejí tyto rekonstruované huminové půdy rychlým procesem zrání a jsou využívány pro růst trav, stromů a plodin. Při správném managementu a ochraně tak lze v krátké době získat vysoké ekologické i ekonomické výhody.

Fyzikální, chemické a biologické techniky poskytují silnou podporu a zajišťují realizaci rekultivací. Během rekultivace mohou mechanická schémata pro rekonstrukci půdy a další umělé metody účinně zkrátit dobu obnovy, přičemž by se měla věnovat větší pozornost roli přirozené regenerace a času. Navíc rekonstrukce důlního půdního systému závisí na vegetaci pro zlepšení půdního fyzikálního, chemického a biologického stavu narušených lokalit.

Obnova těžby půdy je celosvětovým tématem, které přitahuje pozornost vědců po celá desetiletí. Procesy povrchové těžby uhlí nevyhnutelně způsobují degradaci podloží. Faktory jako zhutnění půdy, kontaminace, zvětrávání a bioturbace mají za následek drastické změny půdního horizontu, textury, hydraulických vlastností a produktivity. Nevhodná těžební a rekultivační opatření mohou přispět k funkčnímu zhoršení podloží.

6 Přehled literatury a použitých zdrojů

Odborné publikace

Pavloudakis, F., Roumpos, C., Evangelos, K., Koukouzas, N., 2018: Planning and Implementing Surface Mines Reclamation Works under the New EU Strategy for the Transition of Lignite Intensive Regions to a Post-mining Era (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://www.researchgate.net/profile/Christos-Roumpos-2/publication/330222347_Planning_and_Implementing_Surface_Mines_Reclamation_Works_under_the_New_EU_Strategy_for_the_Transition_of_Lignite_Intensive_Regions_to_a_Post-mining_Era/links/5c34ba04a6fdccd6b59c2025/Planning-and-Implementing-Surface-Mines-Reclamation-Works-under-the-New-EU-Strategy-for-the-Transition-of-Lignite-Intensive-Regions-to-a-Post-mining-Era.pdf>

Devi, B., Prayogo, D., 2013: Mining and Development in Indonesia: An Overview of the Regulatory Framework and Policies. International Mining for Development Centre: Queensland, Australia. 69 s

Epstein, H., Wald, J., Smillie, J., 2007: Undermined Promise: Reclamation and Enforcement of the Surface Mining Control and Reclamation Act 1977-2007. Natural Resources Defense Council and Western Organization of Resource Councils. 30 s

Fernández-Caliani, J. C., Giráldez, M. I., Waken, W. H. et al., 2021: Změny kvality půdy v lokalitě pyritového dolu 15 let po rekultivaci. Catena 206: 105538

Hilmawan, R., Yudaruddin, R., Wahyuni, Y. S., 2016: Coal mining operations and its impact on sectoral and regional area: Evidence of East Kalimantan, Indonesia. Journal of Indonesian Applied Economics 6: 22–42

Huang, Y. J., 2022: Výzkum kritérií hodnocení kvality půdy zemědělské půdy rekultivované z povrchových uhelných dolů ve sprašových oblastech. Čínská univerzita Geověd, Peking

Iskandar, I., 2021: Post-Mining Landscape in Indonesia (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://encyclopedia.pub/entry/12024>

Iskandar, I., Suryaningtyas, D. T., Baskoro, D. P. T., Budi, S. W., Gozali, I., Maswahenu, M., 2019: A chronosequence study of soil properties and microclimate in

the reclamation area of Batu Hijau Mine, West Sumbawa. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 393: 012094

Li, J., Liang, J., Wu, Y. et al., 2021: Kvantitativní hodnocení ekologického kumulativního efektu v těžební oblasti pomocí modelu časové řady založené na pixelech hodnoty ekosystémové služby. Ecological Indicators 120: 106873

Mushia, N. M., Ramoelo, A., Ayisi, K. K., 2016: The impact of the quality of coal mine stockpile soils on sustainable vegetation growth and productivity. Sustainability 8: 546

Na, X. K., Zhang, H. L., Shi C., 2021: Studie o hodnocení zdravotního stavu orné půdy v těžebních oblastech. Čína hornictví 30(10): 66–70

Nie, X., Hu, Z., Ruan, M. et al. 2022: Hodnocení dálkového průzkumu a zjišťování časových a prostorových změn kvality ekologického prostředí v oblastech těžby uhlí. Dálkový průzkum Země 14(2): 345

Park, J., Kwon, E., Chung, E., Kim, H., Battogtokh, B., Woo, N. C., 2020: Environmental sustainability of open-pit coal mining practices at Baganuur, Mongolia. Sustainability 12: 248

Pietrzykowski, M., 2019: Tree species selection and reaction to mine soil reconstructed at reforested post-mine sites: Central and eastern European experiences. Ecological Engineering 3: 100012

Pozo-Antonio, S., Puente-Luna, I., Lagüela-López, S., Veiga-Ríos, M., 2014: Techniques to correct and prevent acid mine drainage: A review. DYNA 81: 73–80

Prematuri, R., Turjaman, M., Sato, T., Tawaraya, K., 2020: The impact of nickel mining on soil properties and growth of two fast-growing tropical tree species. International Journal of Forestry Research 2020: 1–9

Rubin, J., Asseo, L., 2011: San Francisco Chronicle/Bloomberg

Sekarjannah, F. A., Wardoyo, S. S., Ratih, Y. W., 2019: Management of mine acid drainage in a constructed wetland using hyacinth plants and addition of organic materials. Journal of Degraded and Mining Lands Management 6: 1847–1855

Sharma, S., Lee, M., Reinmann, C. S., Pumneo, J., Cutright, T. J., Senko, J. M., 2020: Impact of acid mine drainage chemistry and microbiology on the development of efficient Fe removal activities. Chemosphere 249: 126117

Sobek, A. A., Skousen, J. G., Fisher, A. E., 2000: Chemical and physical properties of overburdens and minesoils. In: Barnhisel, R. I., Darmody, R. G., Daniels, W. L. (eds.): Reclamation of Drastically Disturbed Lands. American Society of Agronomy, Madison

Stant, J., Barkley, T., 2011: Illinois at Risk: Lax safeguards and no enforcement endanger the water, air & lives of residents near coal ash dumps. Prairie Rivers and Environmental Integrity Project report. 17 s

Thakur, T. K., Dutta, J., Upadhyay, P. et al., 2022: Hodnocení degradace a obnovy půdy v uhelných dolech ve střední Indii: Analýza časových řad. Ecological Engineering 175: 106493

Vorovencii, I., 2021: Změny zjištěné v rozsahu povrchové těžby a rekultivace pomocí multitemporálních snímků Landsat: případová studie údolí Jiu v Rumunsku. Environmental Monitoring and Assessment 193(1): 1–24

Xu, W., Wang, J., Zhang, M. et al., 2021: Výstavba krajinné ekologické sítě založené na hodnocení krajinně ekologických rizik v oblasti rozsáhlého povrchového uhelného dolu. Journal of Cleaner Production 286: 125523

Internetové zdroje

(online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://onlinelibrary-wiley-com.infozdroje.czu.cz/doi/10.1111/avsc.12078>

(online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://www-webofscience-com.infozdroje.czu.cz/wos/woscc/full-record/WOS:000332774800010>

Buta, M., Blaga, G., Paulette, L., Păcurar, I., Roşca, S., Borsai, O., Grecu, F., Sînziana, E., Negruşier, C., 2019: Soil Reclamation of Abandoned Mine Lands by Revegetation in Northwestern Part of Transylvania: A 40-Year Retrospective Study. Sustainability 11(12): 3393 (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z https://doi.org/10.3390/su11123393

Plesník, V., 2008: Lužicko láká místo uhelných dolů na umělá jezera (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://www.novinky.cz/clanek/cestovani-luzicko-laka-misto-uhelnych-dolu-na-umela-jezera-40204279>

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, © 2025: Vergleichsgebiet 231 - Lausitzer Platte, Zittauer Becken und Oberlausitzer Bergland

(online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://www.landwirtschaft.sachsen.de /vergleichsgebiet-2-oberlausitzer-platte-zittauer-becken-und-oberlausitzer-bergland-15220.html>

Sirur, S., 2024: Challenge to restore land degraded by coal mining in India, finds study (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://scroll.in/article/1072166/challenge-to-restore-land-degraded-by-coal-mining-in-india-finds-study>

Spasić, V., 2024: Romania gets nod for EUR 790 million in aid for coal mine closure (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://balkangreenenergynews.com/romania-gets-nod-for-eur-790-million-in-aid-for-coal-mine-closure/>

Tracer, © 2019: Study Region: Southeast Bulgaria, BG34. (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://tracer-h2020.eu/southeast-bulgaria-bulgaria-bg34/>

Vrňatová, S., 2017: Industriální kultura jako součást resocializace území postižených těžbou hnědého uhlí ve SRN. Univerzita J.E. Purkyně, Katedra společenskovědních předmětů, Ústí nad Labem. 110 s. (diplomová práce) (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://arl.ujep.cz/arl-ujep/en/detail-ujep_us_cat-0254002-Industrialni-kultura-jako-soucast-resocializace-uzemi-postizenych-tezbou-hnedeho-uhli-ve-SRN/>

Abuzaid, A. S., Abdellatif, A. D., Fadl, M. E., 2021: Modelování kvality půdy v Dakahlia Governorate, Egypt pomocí technik GIS. Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science 24(2): 255–264

Adriani, E., Gustaman, S., Saputri, D. R., Kusnadi, E., Suheri, Emo, M., 2020: Export Commodity Analysis, 2012–2019, Agriculture, Industry and Mining Sectors. Statistics Indonesia, Jakarta, 140 s

Agus, C., Primananda, E., Faridah, E., Wulandari, D., Lestari, T., 2019: Role of arbuscular mycorrhizal fungi and Pongamia pinnata for revegetation of tropical open-pit coal mining soils. International Journal of Environmental Science and Technology 16: 3365–3374

Avtar, R., Komolafe, A. A., Kouser, A. et al., 2020: Hodnocení vyhlídky udržitelného rozvoje prostřednictvím dálkového průzkumu Země: Přehled. Aplikace dálkového průzkumu Země: společnost a životní prostředí. 20: 100402

Bandyopadhyay, S., Novo, L. A. B., Pietrzykowski, M. et al., 2020: Posouzení rozvoje lesních ekosystémů v půdě degradované uhelnými doly pomocí integrovaného indexu kvality půdy v dolech (IMSQI): důkazy z Indie. Lesy 11(12): 1310

Doležalová, J., Vojar, J., Smolová, D., Solský, M., Kopecký, O., 2012: Technická rekultivace a spontánní sukcese různé vodní biotopy: Případová studie z českých potěžebních lokalit. Ekologické inženýrství 43: 5–12 (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://www-sciencedirect-com.translate.goog/science/article/abs/pii/S0925857411003545?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=cs&_x_tr_hl=cs&_x_tr_pto=sc>

Epet, 2022: Těžba uhlí: Historie v ČR a ve světě (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://www.epet.cz/tezba-uhli-historie-v-cr-a-ve-svete/>

Geredien, R., 2009: Post-Mountaintop Removal Reclamation of Mountain Summits for Economic Development in Appalachia (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <http://www.ilovemountains.org/reclamation-fail/details.php#reclamation_study>

Global energy association, 2024: Russian scientists have identified the most suitable plants for the reclamation of open-pit coal mines (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://globalenergyprize.org/ru/2024/08/16/rossijskie-uchenye-vyjavili-naibolee-podhodjashhie-rastenija-dlja-rekultivacii-ugolnyh-razrezov/>

Jansen, D., 2017: Lingnite mining in the rhineland Garzweiler II (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://www.bund-nrw.de/fileadmin/nrw/dokumente/braunkohle/2017_11_02_Lignite_mining_in_the_rhineland_Garzweiler_II_01.pdf>

Kondratiev, V. B., 2022: Mining industry in Australia: status and prospects (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://mining-media.ru/ru/article/newtech/17135-gornaya-promyshlennost-avstralii-sostoyanie-i-perspektivy>

Kounovský, P., Jarošová, I., 2007: SANACE A REKULTIVACE LOMU ČSA (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://slon.diamo.cz/hpvt/2011/_Zahlaz/Z%2007.pdf>

Kuchumova, A., 2024: Reclamation of disturbed lands by the Raspadskaya Coal Company (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://dprom.online/chindustry/rekultivatsiya-narushennyh-zemel-silami-raspadskoj-ugolnoj-kompanii/>

Lausitzer Seenland, © 2025a: Besucherbergwerk F60 (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://www.lausitzerseenland.de/de/entdecken/industriekultur/sehenswuerdigkeiten/artikel-besucherbergwerk-f60.html#>

Lausitzer Seenland, © 2025b: Důlní dílo F60 (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://www.lausitzerseenland.de/cs/poznavani/industrialni-kultura/body-zajmu/article-dulni-dilo-f60.html#swipebox-overlay>

Lausitzer Seenland, © 2025c: Landmarke Lausitzer Seenland (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://www.lausitzerseenland.de/de/entdecken/natur-entdecken/aussichtstuerme/artikel-landmarke-lausitzer-seenland-0.html#swipebox-overlay>

Lohse, P., 2019: Místo uhlí Casanova (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://www.goethe.de/prj/jad/cs/umw/21840298.html>

Owens, H., Glenda, H., 2023: Úřad pro rekultivaci a vymáhání povrchové těžby Ministerstvo vnitra USA (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://www.doi.gov/ocl/coal-mine-reclamation-revitalization>

Zaoralová, P., 2019: Ekonomické zhodnocení rekultivací ploch narušených povrchovou těžbou na Sokolovsku. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice. 55 s. (bakalářská práce) (online) [cit. 2025.02.04], dostupné z <https://theses.cz/id/o8yfwx/1794124>

7 Seznam obrázků

Obr. 1 Vyhlídková věž Rezavý hřebík 12
Obr. 2 Mostový dopravník F60 15
Obr. 3 Oblast Velkých jezer 17
Obr. 4 Povrchový důl v Jharii v Jharkhandu v říjnu 2013 26
Obr. 5 Zalesňování v otevřeném projektu Jamuna 28
Obr. 6 Drenážní systém zkonstruovaný a vyztužený kamenem nebo jinými materiály pro zpevnění odtokové základny 37
Obr. 7 Ekopolygon 42
Obr. 8 Rostliny na ekopolygonu 43
Obr. 9 Povrch ekopolygonu 43
Obr. 10 Práce na ekopolygonu 44